MATERIAL DIDÁCTICO
AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN

5

PRÁCTICAS DE EDAFOLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

Marisol Andrades Rodríguez





PRÁCTICAS DE EDAFOLOGÍA
Y
CLIMATOLOGÍA

MATERIAL DIDÁCTICO

Agricultura y Alimentación

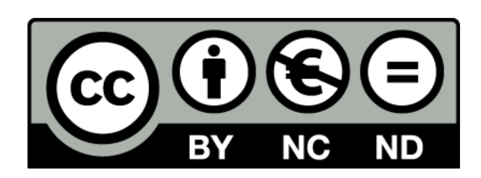
5

Marisol Andrades Rodríguez

PRÁCTICAS DE EDAFOLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA
Servicio de Publicaciones
2012

Andrades Rodríguez, Marisol
Prácticas de edafología y Climatología / Marisol Andrades Rodríguez. -
Logroño : Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones, 2012.
70 p. ; 29 cm. (Material Didáctico. Agricultura y Alimentación ; 5)
ISBN
1.Edafología 2. Climatología. I. Universidad de La Rioja. Servicio de Publicaciones, ed.
631.4
551.58



publicaciones.unirioja.es

E-mail: publicaciones@unirioja.es

ISBN Pendiente de asignación

ÍNDICE



PRÁCTICAS DE EDAFOLOGÍA

PRÁCTICA Nº 1
ANÁLISIS DE TIERRAS. % ELEMENTOS FINOS. COLOR

Al tomar una muestra de suelos con fines de fertilidad, se pretende obtener mediante los análisis físicos y químicos correspondientes, los parámetros que nos ayuden a predecir las cantidades de abonos y fertilizantes que deben aplicarse a un área determinada. Estos datos también proporcionan una información muy útil, para hacer las recomendaciones técnicas adecuadas a cada tipo de suelo, de forma que se logre un aumento sustantivo en los rendimientos unitarios.

La muestra que se vaya a enviar al laboratorio para ser analizada, deberá ser representativa de la superficie que se pretenda cultivar, ya que los errores que se cometen al tomar la muestra en el campo son mayores y más frecuentes que los errores que se cometen en el laboratorio.

La muestra debe ser representativa del suelo de forma que sea un reflejo fiel del estado nutricional del campo. Se deberá tomar por separado una muestra de cada una de las zonas que presente alguna característica particular, en el caso de que las haya.

1. Preparación de la muestra. Determinación del porcentaje de elementos finos

1.1. Fundamento

Se denominan "elementos gruesos" a las partículas de tierra que no pueden pasar a través de un tamiz de agujeros redondos de 2 mm de diámetro. La mayor parte de las determinaciones físico-químicas se hacen sobre las partículas que pasan por este tamiz y al conjunto de tierra que pasa por él se le llama "tierra fina".

1.2. Procedimiento

La muestra de tierra se deseca al aire, extendiéndola sobre una bandeja en capa de poco espesor y revolviéndola con una espátula a fin de que paulatinamente toda ella quede en la parte superior de la misma. Cuando haya perdido el apelmazamiento, a veces grande si las muestras se toman estando muy húmedas, se desmenuzan los agregados con un rulo de madera o rodando una botella (sin apretar demasiado para no romper las partículas de roca), para facilitar la separación de los "elementos finos".

Bien homogeneizada la muestra, se pesan unos 500 g de la misma y se tamizan con un tamiz de 2 mm de luz recogiendo la fracción fina que pasa por él, para posteriormente pesarla.

1.3. Cálculos

Se calcula el porcentaje de cada una de las dos fracciones (la que pasa y la que no pasa) referido a la suma de ambas. Así, si la suma de ambas es P y el peso de la tierra fina es F, el % será:

% Tierra fina = $(F / P) * 100$.

La diferencia a 100 será el % de los "elementos gruesos".

La "tierra fina" se guarda en un frasco de boca ancha bien tapado.

Es interesante pesar los "elementos gruesos" para tenerlos en cuenta al efectuar los cálculos de fertilizantes y guardarlos en caso de que interese identificar la roca madre del suelo.

2. Determinación del color de un suelo

El color del suelo es una característica importante en el diagnóstico del tipo de suelo ("tierra negra", "tierra parda", "tierra roja", etc.). Es también una de señales que sirven como criterio en la separación y descripción de loshorizontes, por ej.: "horizonte humoso", "horizonte de oxidación" etc.

El color del suelo viene determinado sobre todo por la presencia de materia orgánica, de carbonatos y de compuestos de Fe y Mn. La materia orgánica comunica a los suelos, según su contenido y grado de descomposición, un color negro, negro-parduzco o grisáceo. Los óxidos e hidróxidos de Fe y Mn en sus formas oxidadas pueden dar una coloración parda, roja o pardo-negruzca según el tipo de compuesto presente. Las formas reducidas de Fe (óxidos, sulfuros, silicatos, etc.) pueden determinar los tonos verdosos, azulados y hasta negruzcos. Los carbonatos comunican a los suelos colores blanquecinos.

El color del suelo influye en la temperatura de éste, así por ejemplo, suelos oscuros absorben más intensamente las radiaciones solares que los suelos de tonos Claros.

2.1. Fundamento

La tabla de colores Munsell para suelos está formada por 199 cuadros coloreados distribuídos según el matiz, el brillo y la saturación del color (hue, value y chroma), las tres variables simples que se combinan para dar todos los colores. El matiz es el color dominante del espectro y está relacionado con la longitud de onda dominante de la luz. El brillo se refiere a la relativa iluminación del color. La saturación se refiere a la pureza relativa o intensidad del color del espectro.

En la tabla Munsell, los colores de cada tarjeta tienen el mismo matiz, el cual se designa mediante un símbolo en el ángulo superior derecho de la hoja correspondiente. Los colores de cada hoja están dispuestos verticalmente según saltos visualmente iguales, y son sucesivamente más Claros hacia arriba, aumentando su brillo en este sentido. La saturación aumenta horizontalmente hacia la derecha y los colores son más grises hacia la izquierda.

La nomenClatura de un color consiste en: a) el nombre del color (que trae la misma tabla) y b) la notación Munsell o símbolo del color.

La notación Munsell se forma con la notación del matiz seguido del brillo y finalmente de la saturación. El símbolo del matiz es una abreviatura del color del espectro (R de "red", rojo; YR de "yellow-red", amarillo-rojo) precedido de un número entre 0 y 10. Dentro de cada rango es más amarillo y menos rojo a medida que el número crece. La mitad del rango es el 5, el 0 de un rango coincide con el 10 del matiz que le sigue, de modo que por ejemplo: 5YR está en la mitad del matiz amarillo-rojo, que se extiende desde 10R (es decir 0YR) hasta 10YR (0Y).

La notación del brillo consiste en un número entre 0 (para el negro absoluto) hasta 10 (para el blanco puro). Se indica como numerador de un quebrado.

La saturación se anota como el denominador de ese mismo quebrado. Consiste en un número que comienza con 0 para los grises neutros y aumenta a intervalos regulares hasta alrededor de 20, aunque saturaciones tan altas no existen en suelos.

La notación de un color se escribe comenzando con el símbolo del matiz y luego, dejando un espacio, el brillo y la saturación separados por una barra.

Es importante que se determine el color en seco y en húmedo, principalmente cuando las tierras son para uso técnico o se van a determinar series de suelos.

2.2. Material

- Munsell Soil Color Charts
- Espátula
- Vidrio de reloj
- Agua destilada
- Cuenta gotas

2.3. Procedimiento

1. Colocar dos porciones de muestra en la placa de porcelana
2. A una porción agregarle despacio agua destilada con un cuenta gotas hasta humedecerla por completo sin empaparla.
3. Por comparación, identificar la coloración del suelo con el color del recuadro que más se asemeje dentro de la carta Munsell
4. Tomar del ángulo superior derecho la identificación "Hue"
5. Tomar de ordenadas la identificación "Value"
6. Tomar en abcisas la identificación "Chroma"
7. Integrar estas 3 características e identificar el nombre en la portada de enfrente

Ejemplo: Si el color tiene un matiz de 7.5YR, un brillo de 5 y una saturación de 6, la notación del color será:

Strong brown, 7.5YR 5/6

PRÁCTICA Nº 2
DETERMINACIÓN DEL pH EN AGUA Y EN CLORURO POTÁSICO. MÉTODO DE LA PASTA SATURADA

El pH se define como el logaritmo decimal del recíproco de la concentración molar de iones hidrógeno.

$$pH = \log 1 / [H^+] = - \log [H^+]$$

La acidez del suelo está condicionada por la presencia de protones (H^+) o hidrogeniones (H_3O^+) presentes en el suelo. Cuantitativamente, la acidez puede expresarse en mmol de H^+ por 100 g de suelo y por el valor del pH. El pH de los suelos puede variar de 2 (suelos con sulfuros que se oxidan a ácido sulfúrico) hasta aproximadamente 10 (suelos que contienen sales alcalinas como carbonato sódico). Entre estos dos extremos se encuentran la mayoría de los suelos, con pH comprendidos entre 5 y 9.

Según el estado en que los iones hidrógeno se encuentran en el suelo, se distinguen las siguientes especies de acidez: actual y potencial.

Para establecer la acidez del suelo se determina el valor del pH de la solución acuosa y/o de la solución salina. El valor del pH de la solución acuosa caracteriza la acidez actual, y el valor del pH de la solución salina, la acidez potencial. La acidez actual puede aumentar a costa de los H^+ del complejo de cambio.

Los iones H_3O^+ en solución están en relación con los protones no disociados, fijados a la matriz orgánico-mineral del suelo, que se comporta como un ácido débil (HA):

$$HA\ (suelo) + H_2O \Leftrightarrow A^-\ (suelo) + H_3O^+$$

Este equilibrio se puede desplazar hacia la derecha por acción de una solución salina de fuerza iónica suficiente. Para ello se toma normalmente una solución de KCl 0,1N, y así se determina el pH en KCL, o pH de intercambio:

$$HA\ (suelo) + K^+ \Leftrightarrow KA\ (suelo) + H_3O^+$$

El catión K^+ sustituye parte de los protones de cambio que tiene el suelo. Si lo tenemos bastante tiempo obtendremos todos los protones de cambio y la medida del pH dará inferior a la obtenida en agua. Si hay aluminio en el suelo, el K^+ puede desplazar al aluminio, que también afecta a la medida de la acidez. Generalmente el pH de la extracción salina es más bajo que el pH de la extracción acuosa de (0,1 a 1 unidad de pH), salvo en los suelos que contengan coloides electropositivos.

El conocimiento del valor del pH de la extracción salina es muy importante si se desea corregir la excesiva acidez del suelo mediante un encalado. La acidez de intercambio también se debe tener en cuenta cuando se emplean fertilizantes minerales.

El pH influye en la movilidad de los diferentes elementos nutrientes del suelo. En unos casos al aumentar la acidez disminuirá la solubilidad, con lo que las plantas no podrán absorberlos. En otros, el aumento de solubilidad, debido a la acidez, hará que la concentración alcance niveles de toxicidad, como por ejemplo es el caso del aluminio.

El valor del pH se puede determinar por los métodos colorimétrico y potenciométrico. El primero permite determinar el pH en las soluciones incoloras y transparentes. Por los métodos potenciómétricos se puede determinar el pH en soluciones transparentes, en soluciones turbias e incluso directamente en las suspensiones del suelo.

1. Principio

En una medida del potencial eléctrico que se crea en la membrana de vidrio de un electrodo. Este potencial es función de las actividades de iones hidrógeno a ambos lados de la membrana, utilizando como referencia un electrodo de calomelanos como puente salino.

2. Material y aparatos

- Balanza analítica de precisión
- Potenciómetro (pH-metro) y juego de electrodos de vidrio y calomelanos
- Vasos o contenedores de 100 ml
- Varillas agitadoras o agitador magnético
- Cucharas
- Probeta de 50 ml
- Pipeta de 50 ml

3. Reactivos

- Disoluciones tampón de pH 4 y pH 7 (sacarlos de la nevera con tiempo para atemperar)
- Solución de KCI 1 M. Disolver 74.56 g de KCl en 500 ml de agua desionizada y diluir hasta 1 litro

4. Procedimiento para la determinación del pH en agua y en KCl en suspensiones suelo/agua 1:2,5

A) Ajuste del potenciómetro medidor del pH

1. Se conecta el potenciómetro medidor de pH a la fuente de alimentación de la corriente eléctrica que le corresponda
2. Se ajusta eléctricamente el aparato y se calibra siguiendo las instrucciones de su fabricante
3. Se lavan los electrodos con agua desionizada y se secan cuidadosamente con un papel de filtro, estando así dispuesto para su utilización

B) Determinación del pH en agua

1. Se pesan 20 g de suelo en un vaso de 100 ml y se añaden 50 ml de agua desionizada con el dosificador
2. Se agita durante 5 minutos con agitador magnético o 10 minutos con agitación mecánica
3. Se deja reposar durante 30 minutos. Se vuelve a agitar inmediatamente antes de la lectura con la varilla de vidrio
4. Cuidadosamente se introducen los electrodos en la suspensión preparada

5. Se conecta el potenciómetro medidor de pH de forma que aparezca el valor correspondiente al pH de la solución en que se encuentran sumergidos los electrodos
6. Se anota el pH indicado por el aparato, cuando deje de oscilar
7. Se extraen los electrodos de la suspensión, se lavan con agua desionizada y se secan con un papel de filtro

C) Determinación del pH en KCl 0.1N

1. Se pesan 20 g de suelo en un vaso de 100 ml y se añaden 50 ml de KCl 0,1 N
2. Se agita durante 5 minutos con agitador magnético o 10 minutos de agitación mecánica
3. Se deja reposar 30 minutos. Se vuelve a agitar inmediatamente antes de la lectura.
4. Cuidadosamente se introducen en la suspensión los electrodos
5. Se conecta el potenciómetro medidor de pH de forma que aparezca el valor correspondiente al pH de la solución en que se encuentran sumergidos los electrodos
6. Se anota el pH indicado por el aparato, cuando éste deje de oscilar
7. Se extraen los electrodos de la suspensión, se lavan con agua desionizada y se secan con un papel de filtro

Tabla 1. Clasificación de la acidez de un suelo según el pH

pH	**< 5,5**	**5,5-6,5**	**6,5-7,5**	**7,5-8,5**	**>8,5**
	muy ácido	ácido	neutro	básico	alcalino

5. Procedimiento para la determinación del pH en agua y en KCl por el método de la pasta saturada

A) Ajuste del potenciómetro medidor del pH

1. Se conecta el potenciómetro medidor de pH a la fuente de alimentación de corriente eléctrica que le corresponda
2. Se ajusta eléctricamente el aparato, y se calibra siguiendo las instrucciones de su fabricante
3. Se lavan los electrodos con agua desionizada y se secan cuidadosamente con un papel de filtro, estando así dispuesto para su utilización

B) Determinar el pH en agua

En un vaso se coloca el suelo sin pesar (pasado por un tamiz de 2mm) y se añaden cantidades sucesivas de agua filtrada agitando con una varilla de vidrio hasta obtener una pasta espesa, en la que no debe de haber agua en exceso (se nota porque al inclinar el vaso no fluye ni sobrenada agua).

Después de treinta minutos de reposo se introducen los electrodos del pHmetro (previamente calibrado con las soluciones tampón) en la masa de suelo y se determina el valor del pH.

C) Determinación del pH en KCl

Se procede de forma análoga al método empleado en la determinación de pH en agua, con la diferencia de utilizar KCl en lugar de agua filtrada.

El tiempo de equilibrio del suelo con la solución después de preparada la suspensión a de ser mayor que el de la pasta saturada con agua.

Después de treinta minutos de reposo se introducen los electrodos del pHmetro (previamente calibrado con las soluciones tampón) en la masa de suelo y se determina el valor del pH.

PRÁCTICA Nº 3
DETERMINACIÓN DE LAS SALES SOLUBLES TOTALES

La salinidad de un suelo viene determinada por el conjunto de todas las sales solubles contenidas en el mismo y está relacionada con la conductividad y con la presión osmótica. La solución del suelo siempre contiene sales solubles en mayor o menor proporción, pero si la cantidad de éstas aumenta y alcanza un límite, la vegetación no puede subsistir, o por lo menos la mayoría de las plantas útiles al hombre.

El proceso general de acumulación de sales en el suelo va unido a características climáticas con un predominio de la evaporación sobre la precipitación o lo que es equivalente, a un balance hídrico negativo. En estos suelos, el movimiento del agua tiene lugar en sentido ascendente y las sales disueltas se van acumulando en las capas más superficiales del suelo.

Los principales cationes que dan origen a la salinidad son: sodio, calcio, magnesio y potasio y los principales aniones son los sulfatos, cloruros, nitratos y boratos.

1. Principio

Se extraen las sales del suelo mediante agitación mecánica del suelo con agua destilada, después se filtra y evapora lo extraído para después pesarlo.

2. Material y aparatos

- Balanza analítica de precisión
- Probeta de 250 ml
- Erlenmeyer de 500 ml
- Pipeta de 50 ml
- Pesasustancias de 100 ml o vaso de precipitados de 100 ml
- Papel de filtro Whatman nº 2
- Agitador mecánico
- Estufa de desecación

3. Procedimiento

1. Pesar 25 g de tierra desecada al aire, introduciéndola en un erlenmeyer de 500 ml
2. Añadir 250 ml de agua desionizada
3. Agitar en el agitador mecánico durante una hora
4. Dejar en reposo durante 24 horas, agitando 6 u 8 veces durante este tiempo
5. Filtrar una parte del líquido sobrenadante, recogiendo el filtrado en un vaso limpio y seco
6. Pipetear 50 ml de la "solución salina", introduciéndolos en un pesasustancias previamente tarado en la balanza de precisión (P)
7. Colocar el pesasustancias en la estufa a 105°C y mantenerlo en ella hasta que todo el agua se haya evaporado y obtengamos pesada constante (P')

4. Cálculos

$$\% \text{ sales solubles totales} = (P' - P) * 20$$

Esta fórmula es solamente válida para las cantidades arriba indicadas. Si las cantidades fueran distintas, habría que realizar los correspondientes cálculos.

PRÁCTICA Nº 4
DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LAS SOLUCIONES

La conductividad eléctrica hace referencia a la capacidad que tiene una solución para conducir la corriente eléctrica. Se usa comúnmente para indicar la concentración total de componentes ionizados en las distintas soluciones y es proporcional al contenido de sales disueltas. Está íntimamente relacionado con la suma de cationes o aniones que se determinen químicamente y en general tiene correlación estrecha con los sólidos totales disueltos.

La medida variará dependiendo de la temperatura, por lo que se estandarizará a 25°C.

Para correlacionar los resultados se hace la medida en un estracto 1/5 (P/V) o en estracto de saturación (C.E.e).

Es una determinación rápida y relativamente precisa que no altera ni consume la muestra.

La unidad Clásica de medida es el mhos/cm. Esta unidad es demasiado grande, por lo que se usa el mmhos/cm y el microhos/cm. El S.I. ha propuesto el empleo del Siemens(S) en lugar del mhos.

1dS/m=1mS/cm=1mmhos/cm

1. Principio

Consiste en medir la mayor o menor facilidad que presenta una solución para conducir la corriente eléctrica, facilidad que está en relación directa con la mayor o menor cantidad de sales solubles que contenga.

2. Material y aparatos

- Balanza analítica de precisión o granatario de dos decimales
- Conductímetro
- Agitador magnético
- Vaso de precipitados de 100 ml o contenedores del mismo volumen
- Varilla de vidrio
- Papel de filtro (normal)
- Pie metálico con aro para sujetar el embudo

3. Procedimiento

1. Pesar 10 g de tierra desecada al aire, introduciéndola en un vaso de precipitados de 100 ml de capacidad
2. Añadir 50 ml de agua desionizada
3. Agitar la suspensión con agitador mecánico durante 30 minutos para que se equilibre la solución (o 5 minutos en agitador magnético)
4. Dejar en reposo durante unos minutos
5. Filtrar a través de un papel de filtro y desechar los primeros filtrados

6. Añadir una gota de hexametafosfato sódico del 0,1% por cada 25ml que se hayan filtrado para evitar la precipitación de $CaCO_3$
7. Medir introduciendo el electrodo del conductímetro en el vaso de precipitados

4. Cálculos

Se hace la medida de la conductividad en un estracto 1/5:

- Si es menor de 1 dS/m, por no tener exceso de sales, no es necesario preparar el estracto de saturación.
- Si es mayor que 1 dS/m se prepara el estracto de saturación y se vuelve a medir la conductividad.

La medida de la conductividad en estracto de saturación se puede calcular aplicando la siguiente fórmula a la medida de $C.E_{1/5}$:

$$C.E.e = 7.351\ C.E_{1/5} - 0.568$$

Tabla 2. Clasificación de la salinidad de los suelos según la medida de la CEe y de la $CE_{1/5}$

C.E.e (dS/m)	C.E. 1/5 (dS/m)	Clasificación
menor de 2	menor de 0.35	no salino
2 - 4	0.35 - 0.65	ligeramente salino
4 - 8	0.65 - 1.15	salino
8 - 16	mayor de 1.15	muy salino

Para corregir la temperatura y referirla a 25°C se procederá como se indica a continuación.

Tabla 3. Factor de corrección de la conductividad eléctrica en extractos de suelo medidos a temperatura ambiente y sus valores a 25°C

C.E. 25 = C.E.t * ft
t = temperatura ambiente

°C	ft	°C	ft	°C	ft
3.0	1.709	22.0	1.640	29.0	0.925
4.0	1.660	22.2	1.060	29.2	0.921
5.0	1.613	22.4	1.055	29.4	0.918
6.0	1.569	22.6	1.051	29.6	0.914
7.0	1.528	22.8	1.047	29.8	0.911
8.0	1.488	23.0	1.043	30.0	0.907
9.0	1.448	23.2	1.038	30.2	0.904
10.0	1.411	23.4	1.034	30.4	0.901
11.0	1.375	23.6	1.029	30.6	0.897
12.0	1.341	23.8	1.025	30.0	0.894
13.0	1.309	24.0	1.020	31.0	0.890
14.0	1.277	24.2	1.016	31.2	0.887
15.0	1.247	24.4	1.012	31.4	0.884
16.0	1.218	24.6	1.008	31.6	0.880
17.0	1.189	24.8	1.004	31.8	0.877
18.0	1.163	25.0	1.000	32.0	0.873
18.2	1.157	25.2	0.996	32.2	0.870
18.4	1.152	25.4	0.992	32.4	0.867
18.6	1.147	25.6	0.988	32.6	0.864
18.8	1.142	25.8	0.983	32.8	0.861
19.0	1.136	26.0	0.979	33.0	0.858
19.2	1.131	26.2	0.975	34.0	0.843
19.4	1.127	26.4	0.971	35.0	0.829
19.6	1.122	26.6	0.967	36.0	0.815
19.8	1.117	26.8	0.964	37.0	0.801
20.0	1.112	27.0	0.960	38.0	0.788
20.2	1.107	27.2	0.956	39.0	0.775
20.4	1.102	27.4	0.953	40.0	0.763
20.6	1.097	27.6	0.950	41.0	0.750
20.8	1.092	27.8	0.947	42.0	0.739
21.0	1.087	28.0	0.943	43.0	0.727
21.2	1.082	28.2	0.940	44.0	0.716
21.4	1.078	28.4	0.936	45.0	0.705
21.6	1.073	28.6	0.932	46.0	0.694
21.8	1.068	28.8	0.929	47.0	0.683

PRÁCTICA Nº 5
DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA DE LA MUESTRA DE SUELO

1. Principio

El método se basa en eliminar la humedad que tiene la muestra por desecación y calcular después su porcentaje por diferencia de peso.

2. Material y aparatos

- Estufa de desecación con regulación de temperatura hasta 150ºC
- Desecador de $CaCl_2$
- Balanza analítica de precisión
- Pesa sustancias con tapa

3. Procedimiento

La humedad del suelo seco al aire se expresa en gramos de agua por 100 gramos de muestra de suelo seco:

1. Pesar el recipiente y su tapa secos con aproximación de 0.01 g. Añadir al menos 25 g de suelo y pesar el conjunto. Secar sin tapar, a peso constante en una estufa de 105ºC.
2. Enfriar con el recipiente tapado en un desecador de $CaCl_2$ y pesar
3. Calcular la humedad gravimétrica así como el factor de humedad: gramos de suelo seco por gramo de suelo seco secado al aire.

$$\% \text{ humedad} = \frac{Ph - Ps}{Ps - Pc} x\, 100$$

Ph = peso de la cápsula y de la muestra húmeda

Ps = peso de la cápsula y de la muestra seca

Pc = peso de la cápsula

Los resultados se expresan con una aproximación de ± 0.1

Observaciones:

- Cada vez que se extraiga el pesasustancias de la estufa para pesarlo, se le pone previamente a enfriar (sin tapa) en un desecador y conseguido esto, se le coloca la tapa rápidamente y se pesa, repitiendo la operación hasta peso constante.
- Todas las pesadas deben hacerse en la balanza de precisión.
- El tiempo necesario para alcanzar un peso constante dependerá del tipo de estufa que se use, del tamaño y de la profundidad de la muestra y del tipo de suelo. Si se usa estufa con corriente de aire forzado, normalmente bastarán 10 horas. Si la estufa es de convección, las mueststra deben desecarse durante 24 horas como mínimo y se deben tomar precauciones para no introducir muestras húmedas durante la última mitad del período de secado.

PRÁCTICA Nº 6
DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO. MÉTODO DEL ACETATO AMÓNICO 1N, PH=7

1. Principio

La determinación de la capacidad de intercambio catiónico de un suelo calcáreo, la vamos a realizar mediante la digestión y lixiviación de 10 g de suelo con acetato amónico 1N, hasta que se disuelva todo el carbonato de calcio y efectuando a continuación la determinación de todo el amonio absorbido.

2. Material y aparatos

- Erlenmeyer de 250 ml
- Embudo Buchner (Coors. nº1)
- Papel de filtro Whatman nº 42
- Equipo para la determinación del NH_3 por Kjeldahl
- Piedra pómez

3. Reactivos

- Acetato amónico 1N a pH 7: disolver 77 g de acetato amónico en agua destilada y aforar a 1l ajustando el pH a 7
- Alcohol etílico
- Cloruro sódico
- Hidróxido sódico 1N (Disolver 40 g de NaOH en 1l de H_2O)
- Acido bórico 4% (80 g de ácido bórico disueltos en 1800 ml)
- Acido clorhídrico 0.1N (8.176 ml en 1l de H_2O)

4. Procedimiento

1. Pesar 10 g. de tierra fina desecada al aire e introducirlos en un erlenmeyer de 250 ml
2. Añadir 50 ml de acetato amónico 1N
3. Tapar el matraz y agitar durante varios minutos. Dejarlo en reposo hasta el día siguiente.
4. Transferir el contenido del erlenmeyer a un embudo Buchner equipado con papel de filtro Whatman nº 2 humedecido con acetato amónico
5. Filtrar, utilizando una ligera succión en los casos necesarios, añadiendo sucesivamente cantidades de 50 ml de acetato amónico hasta completar una cantidad de percolado de 200 ml (se procurará que la operación dure como mínimo una hora). Los 200 ml de percolado o una alícuota del mismo se resguardan para determinar las bases de cambio
6. Someter la muestra de suelo retenida en el Buchner a sucesivos lavados con etanol para eliminar el acetato amónico; el lavado se interrumpe cuando el lixiviado de respuesta

negativa al text de Nessler (normalmente cuando el lixiviado de alcohol alcance los 100 ml se habrá eliminado todo el acetato amónico)

7. Transferir la muestra de tierra y el papel de filtro a un matraz Kjeldahl
8. Añadir 400 ml de agua, 10 g de NaCl y piedra pómez en cantidad suficiente como para que se cubra la totalidad de la superficie de la mezcla y 40 ml de NaOH 1N
9. Conectar el matraz con el condensador y destilar hasta seco 200 ml, en 50 ml de una solución de ácido bórico al 4%. Se valora el destilado con HCl 0,1 N

5. Cálculos

C.I.C. (m.e.q./100g) =
= ml HCl/g de muestra * N del ácido * 100 =
= ml HCl/10 * 0.1 * 100= ml HCl

Para determinar la C.I.C. debida a la materia orgánica se destruye esta previamente por ataque con H_2O_2 y se procede de forma idéntica:

C.I.C. (M.O.) = C.I.C. (tierra natural) - C.I.C. (tierra sin M.O.)

PRÁCTICA Nº 7
DETERMINACIÓN DE CARBONATOS (MÉTODO BERNARD)

La determinación de los carbonatos totales en un suelo tiene interés por su valor diagnóstico de diversas propiedades del suelo (estructura, actividad biológica, bloqueo de nutrientes, etc.). Sin embargo, el contenido total no da una idea exacta de la importancia que los carbonatos tienen en los procesos químicos del suelo. Por este motivo, en aquellos casos en que el análisis de los carbonatos sea positivo y superior al 15% se deberá completar la información dada por el análisis de carbonatos totales con el de la caliza activa.

Si el porcentaje de caliza activa es menor del 15% no se suelen presentar problemas para los cultivos. Los porcentajes superiores al 35-40% pueden ocasionar problemas de productividad, especialmente si dichos niveles se encuentran en el horizonte superficial.

Los resultados de pH y de carbonatos totales están relacionados. En los suelos ácidos no hay presencia de carbonatos, excepto si han sido encalados recientemente. Los suelos ricos en carbonatos y con pH próximo a 8 suelen contener mucho carbonato cálcico mientras que en los suelos con altos contenidos en carbonatos y pH superior a 8.5 el carbonato predominante suele ser el sódico.

Los carbonatos tienen una acción positiva sobre la estructuración del suelo y sobre la actividad microbiana, aunque un exceso de carbonatos puede ocasionar problemas en la nutrición de las plantas por antagonismo con otros elementos.

Un exceso de carbonatos puede provocar un bloqueo en formas insolubles de microelementos como el Fe, Mn, Zn, Cu, apareciendo formas insolubles de estos elementos y dando lugar a enfermedades carenciales. También se puede provocar la retrogradación del fósforo a formas insolubles. De forma parecida se pueden ver afectados el K y el Mg.

Para compensar estos efectos negativos provocados por el exceso de carbonatos, en el abonado se deberá aportar según sea el caso, cantidades variables de quelatos de Fe, fertilizantes fosfato-potásicos y/o abonado orgánico en mayor cantidad.

El conocer el contenido de carbonatos totales, también tiene interés desde el punto de vista taxonómico para poder definir los horizontes cálcico y petrocálcico de acuerdo con los criterios del Soil Taxonomy System.

1. Principio

Al tratar con ácido clorhídrico un suelo que contenga carbonatos, se desprende CO_2, según la siguiente reacción:

$$CaCO_3 + 2\,HCl \longrightarrow CO_2 + CaCl_2 + H_2O$$

Si dicha reacción se lleva a cabo en un dispositivo cerrado (calcímetro), a presión y temperatura constantes y no se desprenden otros gases, la medida del volumen de CO_2 desprendido permitirá calcular el contenido en carbonatos.

En esta práctica se comparan los volúmenes del CO_2 desprendidos por pesos conocidos de suelos y de carbonato cálcico puro, en las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica.

2. Material y aparatos

- Balanza analítica de precisión
- Agitador magnético
- Matraces erlenmeyer de 500 ml
- Pequeños tubos de ensayo de 10 ml de capacidad
- Pinzas para introducir los tubos
- Calcímetro de Bernard
- Cuenta gotas

3. Reactivos

- Acido clorhídrico del 10%. Prepararlo en el siguiente orden: 10 ml de HCl concentrado y 100 ml de agua desionizada
- Carbonato cálcico perfectamente seco
- Solución saturada de NaCl y CO_2. Disolver 100 g de NaCl y 1 g de $NaCO_3H$ en 350 ml de agua. A esta disolución se agrega, poco a poco, ácido sulfúrico diluído (aproximadamente 1M) hasta débil reacción ácida, y unas gotas de rojo de metilo. Agitar, por último, hasta eliminación del exceso de CO_2. Con esta solución se llena el calcímetro
- H_2SO_4 1M: disolver 5,6 ml de H_2SO_4 .en agua destilada y aforar a 100 ml con ella
- HCl 50%. 50 ml de HCl y 50 ml de H_2O desionizada

4. Procedimiento

1. Hacer una prueba previa en una placa de porcelana. Añadir al suelo HCl 50% y según sea la efervescencia más o menos violenta añadir una mayor o menor cantidad de tierra
2. Pesar de 0.5 g (en tierras muy calizas) a 5 g (en tierras muy pobres en cal) en un matraz erlenmeyer de 500 ml de capacidad (molida en el mortero).
3. Humedecer la muestra con unos ml de agua desionizada con ayuda de un cuenta gotas
4. Introducir en el erlenmeyer con unas pinzas el tubito de vidrio, con 10 ml de HCl al 50%, en su interior. Colocarlo verticalmente, cuidando de que no se derrame
5. Tapar el matraz con el tapón de goma conectado al calcímetro
6. Inclinando el erlenmeyer, que se mantiene sujeto por la boca con unas pinzas, verter de forma progresiva el ácido sobre la muestra, agitando suavemente para favorecer el ataque
7. Descolgar la ampolla del calcímetro siguiendo con su nivel el que se produce por la presión de CO_2 en la columna
8. Agitar el matraz hasta que se logre el cese de la reacción por agotamiento de los carbonatos (el nivel del agua del tubo permanecerá estacionario)
9. Igualar a la misma altura los meniscos y leer en la bureta el volumen de CO_2 desprendido (V). Coger el erlenmeyer con una pinza de madera, porque si no la temperatura de la mano modifica el equilibrio interno según:

$$P \cdot V/T = P' \cdot V'/T'$$

10. Repetir la prueba con 0.2 g de carbonato cálcico puro y seco y leer el volumen de CO_2 desprendido (V')

5. Cálculos

$$\% \text{ de } CaCO_3 \text{ totales} = 100 (V*P'/V'*P)$$

P = peso de la muestra.

V = volumen de CO_2 desprendido por la muestra de tierra.

P' = peso de $CaCO_3$ puro.

V' = volumen de CO_2 desprendido por el $CaCO_3$ patrón.

CALCIMETRO DE BERNARD

El depósito comunica por su parte inferior mediante un tubo de goma con la probeta de gases o tubo medidor. Por su parte superior está en conexión con el matraz de ataque en el que se verifica la reacción entre la tierra y el HCl. El CO_2 desprendido va desalojando la solución saturada del depósito echando suficiente cantidad de ésta en la ampolla. Ese volumen desalojado es el que se mide, anotando lo marcado en la escala correspondiente.



PRÁCTICA Nº 8
DETERMINACIÓN DE LA CALIZA ACTIVA

La velocidad de disolución del carbonato cálcico es función de la dureza y del tamaño de sus partículas. A dureza igual, la velocidad de disolución aumenta con la finura de grano. En suelos ricos en carbonato cálcico y una gran concentración de Ca^{2+} en solución, los cultivos presentan con frecuencia síntomas de deficiencias de Fe y/o Mn, que se manifiestan por la tonalidad amarillenta de sus hojas (falta de Clorofila). A este fenómeno se le denomina Clorosis. El poder Clorosante de un suelo, que depende de la facilidad de entrada del calcio en solución, dependerá de la naturaleza y de la cantidad de caliza que contenga y del tamaño de sus partículas.

La caliza puede entrar a formar parte de las distintas fracciones granulométricas del suelo. Sin embargo, sólo las fracciones más finas, por ser las más activas químicamente, serán las que interferirán en el normal desarrollo de las plantas. Estas fracciones finas se acotan superiormente en 50 micras, fracciones que reciben el nombre de caliza activa.

El objetivo del presente análisis reside en determinar esta fracción, para utilizarla como índice para diagnosticar el riesgo de Clorosis que puede suponer un determinado suelo para cultivos sensibles. Sin embargo, no hay que olvidar que además de la caliza activa, hay otros factores que pueden dar origen a un bloqueo de la Clorofila, con la consiguiente aparición de Clorosis, como un elevado contenido en arcilla, el exceso de ciertos iones, una elevada humedad del suelo, el enterrado de materias orgánicas fermentables, etc, lo que dificultará su interpretación.

1. Principio

La caliza activa se calcula por una dosificación gasométrica de CO_2 del carbonato amónico formado al reaccionar el carbonato cálcico activo con el oxalato amónico en disolución.

$$CaCO_3 + (NH_4)\ 2C_2O_4 \longrightarrow (NH_4)\ 2CO_3 + CaC_2O_4 + (NH_4)\ 2C_2O_4$$

$$(NH_4)\ 2CO_3 + HCl \longrightarrow CO_2 + 2NH_4Cl + H_2O$$

Con este método es posible la determinación del carbonato de calcio activo aun en suelos que contengan yeso y materia orgánica.

2. Material y aparatos

- Balanza analítica de precisión
- Agitador magnético
- Calcímetro de Bernard.
- Erlenmeyer de 500 ml
- Pipeta de 25 ml
- Pinzas para introducir los tubos

3. Reactivos

- Solución de oxalato amónico, aproximadamente 0.2 N. Disolver 14.21 g de oxalato amónico en 1 litro de agua desionizada
- Acido clorhídrico 1:1: 50 ml de HCl cc en 50 ml de agua desionizada
- Carbonato cálcico puro

4. Procedimiento

1. Hacer una prueba previa. Añadir al suelo HCl 50% y según sea la efervescencia más o menos violenta añadir una mayor o menor cantidad de tierra
2. Pesar según la efervescencia de la muestra, de 2.5 a 10 g de tierra fina (tierra molida en el mortero)
3. Introducir la muestra de suelo en un erlenmeyer de 500 ml
4. Añadir exactamente 250 ml de solución de oxalato amónico (0.2 N)
5. Agitar mecánicamente durante 2 horas
6. Filtrar, desechando los primeros filtrados
7. Del filtrado recogido, tomar 25 ml, pasarlos a un erlenmeyer de 250 ml y proceder con el ácido clorhídrico por el método del calcímetro de Bernard, anotando el volumen de CO_2 desprendido (V)
8. Proceder de igual forma con una muestra de unos 0.1 g de carbonato cálcico puro (P') y anotar el volumen de CO_2 desprendido (V')
9. Expresar el contenido en caliza activa en tanto por mil

5. Cálculos

El contenido en caliza activa se expresa en:

C = 0/00 de caliza activa:

$$= \frac{P'CaCO_3}{V'} x \frac{V}{25} x \frac{250}{P} x \frac{1000 gsuelo}{1000 gsuelo}$$

P´= peso de $CaCO_3$

V´= volumen de CO_2 desprendido con el $CaCO_3$

V= volumen de CO_2 desprendido con el suelo

P= peso del suelo

El resultado está referido a 1000 g de suelo. Su valor varía entre 10 y 190 generalmente.

PRÁCTICA Nº 9
DETERMINACIÓN DEL CARBONO Y DE LA MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica de los suelos influye decisivamente en sus propiedades físicas (retención de agua, estructuración y aireación del suelo) y químicas (C.I.C., poder de amortiguación del suelo, etc.) y biológicas. Su determinación es de importancia primordial para la evaluación de la fertilidad. Permite conocer la relación C/N, que nos indica la velocidad de mineralización de la materia orgánica, es decir, la actividad de los microorganismos. También permite aplicar criterios taxonómicos.

La relación C/N es un índice de la salud de un suelo. Para conocerla precisamos las determinaciones separadas del nitrógeno y del carbón orgánico que nos indicarán la riqueza del terreno.

C/N	<10	Excesiva
C/N	10-12	Normal
C/N	12-15	Escasa
C/N	>15	Muy escasa

La cantidad de materia orgánica de un suelo depende del material vegetal, de la textura del suelo (% arcilla) y del pH (determina la mayor o menor existencia de microorganismos).

La cantidad de materia orgánica en los suelos cultivados suele oscilar entre un 1-2% y el carbono que forma parte de la materia orgánica constituye de un 52-53% de ésta.

El contenido en materia orgánica del suelo se calcula a través de la determinación del carbono orgánico. En el suelo este carbono puede hallarse como compuestos inorgánicos (CO_2, carbonatos, etc.), como compuestos orgánicos (restos de vegetales y animales y sus derivados) y de forma elemental (carbón, grafito,etc.).

El conjunto de todas las formas bajo las que se encuentra el C representa el C total del suelo. Sin embargo, los datos que habitualmente se manejan se refieren únicamente a la fracción oxidable.

1. Principio

En el método de Walkey-Black, el contenido de materia orgánica del suelo se calcula basándose en la determinación de carbono orgánico que contiene el suelo mediante un método por vía húmeda, basado en la oxidación parcial del carbono orgánico con un agente oxidante añadido en exceso. El grado de oxidación logrado dependerá de las condiciones en las que tiene lugar la reacción (fundamentalmente, tiempo y temperatura).

Las reacciones básicas son las siguientes:

$$4\,(Cr^{+6} + 3\,e^{-} \longrightarrow Cr^{+3})$$

$$3\,(CO^{-}\,4\,e^{-} \longrightarrow C^{+4})$$

$$4\,Cr^{+6} + 3C \longrightarrow 4\,Cr^{+3} + 3C^{+4}$$

$$2\,K_2Cr_20_7 + 3C + 8\,H_2SO_4 \longrightarrow 2K_2SO_4 + 2Cr_2(SO_4)_3 + 3CO_2 + 8H_20$$

Posteriormente, el dicromato que no ha reaccionado se valorará con la sal de Morh (sulfatoferrosoamónico $(SO_4)\,2Fe\,(NH)_2 \cdot 6H_2O$).

$$Fe^{++} - 1e^{-} \longrightarrow Fe^{+++}$$

Esta última valoración se puede sustituir por una colorimetría directa de los iones Cr^{+3} (coloración verdosa), que se forman por reducción de los iones Cr^{+6} (de color anaranjado), y que son proporcionales a la cantidad de carbono oxidado. La lectura se hace en un colorímetro a 590 nm de longitud de onda.

2. Material y aparatos

- Mortero y maza
- Balanza analítica de precisión
- Agitador magnético
- Erlenmeyer de 500 ml
- Pipetas de 1 y 20 ml
- Colorímetro
- Probeta 250 ml
- Bureta, pie de bureta
- Embudo
- Cuentagotas
- Dosificador para H_2SO_4 concentrado

3. Reactivos

- Dicromato potásico al 1 N:

  desecar en estufa a 105 °C una noche

  disolver 49,05 g de dicromato potásico (calentando ligeramente para favorecer la disolución) en 1000 ml de agua desionizada
- Acido sulfúrico concentrado (d= 1.84): la concentración del H_2SO_4 no debe ser superior al 96%
- Agua desionizada.
- Acido fosfórico concentrado
- Difenilamina en solución sulfúrica preparada en el siguiente orden:

  0,5 g de difenilamina en 20 ml de agua desionizada y 100 ml de ácido sulfúrico (viraje de pardo negruzco o violeta a verde)

- Sal de Morh 0.5 N (hacerla cada vez, aplicando el factor de corrección f):
  196,1 g de $Fe(NH_4)_2SO_4.6H_2O$ (sal de Morh).
  800 ml de agua desionizada que contenga 20 ml de H2SO4 para disolver la sal
  agua desionizada: llevar a un volumen de 1000 ml

4. Procedimiento

1. Pesar 0,5 g de suelo superficial y molerlo en el mortero. Si no se muele bien la reacción no se producirá correctamente
2. Introducirlo en un erlenmeyer de 500 ml
3. Añadir 10 ml de $K_2Cr_2O_7$ 1 N y agitar hasta obtener una buena mezcla
4. Añadir 20 ml de H_2SO_4 con el dosificador. Hacerlo lentamente y agitando el erlenmeyer suavemente en la campana extractora
5. Agitar el erlenmeyer enfriandolo bajo el grifo durante unos treinta segundos
6. Dejarlo reposar durante 30 minutos en una placa calefactora templada. Este tratamiento elimina los carbonatos
7. Añadir 250 ml de H_2O desionizada y dejar enfriar
8. Añadir 10 ml de H_3PO_4 para evitar posibles interferencias con el hierro
9. Agregar 1ml del indicador difenilamina y valorar con una disolución de sal de Morh 0.5 N. El punto final es una coloración verde azulada oscura que pasa a verde esmeralda). Si nada más echar $K_2Cr_2O_7$ y 1 N H_2SO_4 la solución vira a verde significa que todo el dicromato se ha reducido y que hay que repetir el análisis con menos cantidad de muestra.
10. Hacer todo lo anterior para el blanco.

5. Cálculos

$$\%\,C\,oxidable = \frac{0{,}003 \cdot 100(M - M')}{P} = \frac{0{,}3\,(M - M')}{P}$$

M= meq. $Cr_2O_7^{-2}$

M´= meq. de sal de Mohr (SO_4^{-2})

P= peso en g de la muestra

Vb= volumen del blanco

V_s= volumen de la sal de Mohr en la valoración de la muestra.

$$meq.\ Cr_2O_7^{-2} = V \cdot N = 10\ ml \cdot 1N = 10$$

$$meq.\ de\ sal\ de\ Mohr\ (SO_4^{-2}) = Vb \cdot 0{,}5 \cdot f$$

$$10 \cdot 1 = Vb \cdot 0{,}5f \qquad f = 20/Vb$$

$$\%\,C\,oxidable = \frac{0{,}3\,(10 - Vs\,0{,}5\,f)}{P}$$

%M.O.= %C ·1.72

Tabla 4. Clasificacion del contenido de materia orgánica según la textura

Arenoso	Franco	Arcilloso	Clasificación
< 0,7	< 1,0	< 1,2	Muy bajo
0,7 - 1,2	1,0 - 1,5	1,2 - 1,7	Bajo
1,2 - 1,7	1,5 - 2,0	1,7 - 2,2	Normal
1,7 - 2,2	2,0 - 2,5	2,2 - 3,0	Alto
> 2,2	> 2,5	> 3,0	Muy Alto

Preguntas:

1. Explicar las reacciones que tienen lugar al añadir dicromato potásico en medio ácido y al valorar con sal de Mohr.
2. ¿Por qué razón se gastan volúmenes de sal de Mohr diferentes al valorar el problema y el blanco?
3. Relacionar el contenido en materia orgánica, la textura y la fertilidad del suelo.

Tabla 5. Tabla de conversión de tantos por ciento de transmisión (T%) en densidades ópticas o absorbancias (A)

T% A	T% A	T% A	T% A
1---2.000	26---0.585	51---0.292	76---0.119
2---1.699	27---0.569	52---0.284	77---0.114
3---1.523	28---0.553	53---0.276	78---0.108
4---1.398	29---0.538	54---0.268	79---0.102
5---1.301	30---0.523	55---0.260	80---0.097
6---1.222	31---0.509	56---0.252	81---0.092
7---1.155	32---0.495	57---0.244	82---0.086
8---1.097	33---0.481	58---0.237	83---0.081
9---1.046	34---0.469	59---0.229	84---0.076
10---1.000	35---0.456	60---0.222	85---0.071
11---0.959	36---0.444	61---0.215	86---0.066
12---0.921	37---0.432	62---0.208	87---0.060
13---0.886	38---0.420	63---0.201	88---0.056
14---0.854	39---0.409	64---0.194	89---0.051
15---0.824	40---0.398	65---0.187	90---0.046
16---0.796	41---0.387	66---0.180	91---0.041
17---0.770	42---0.377	67---0.174	92---0.036
18---0.745	43---0.367	68---0.167	93---0.032
19---0.721	44---0.357	69---0.161	94---0.027
20---0.699	45---0.347	70---0.155	95---0.022
21---0.678	46---0.337	71---0.149	96---0.018
22---0.658	47---0.328	72---0.143	97---0.013
23---0.638	48---0.319	73---0.137	98---0.009
24---0.620	49---0.310	74---0.131	99---0.004
25---0.602	50---0.301	75---0.125	100---0.000

PRÁCTICA Nº 10
DETERMINACIÓN DEL FÓSFORO ASIMILABLE

El fósforo es uno de los tres elementos indispensables en toda fertilización y por ello es de mucha utilidad el poder determinar las reservas asimilables de cada suelo antes de emprender un determinado plan de abonado.

El fósforo está en el suelo en estado sólido o en la solución que rodea a las partículas y que es la llamada solución del suelo.

El contenido del fósforo en el suelo es variable y depende del material original, del grado de alteración del suelo y de las posibilidades de lavado del suelo.

El fósforo puede encontrarse como:

1. Fósforo asimilable: fósforo inorgánico que puede ser absorbido directamente por las plantas. Es el que se encuentra en la solución del suelo.
2. Fósforo adsorbido: gran parte del fósforo aplicado a los suelos en forma soluble (fosfato monobásico de calcio) no permanece en esa forma largo tiempo, sino que se convierte en formas complejas insolubles fijadas sobre distintas partículas del suelo entre las que se encuentran las arcillas y los óxidos e hidróxidos de Fe y Al.
3. Fosfatos inorgánicos de calcio, hierro o aluminio: los mono y difosfatos de calcio ($Ca(H_2PO_4)_2$ y $CaHPO_4$) están disponibles para las plantas, aunque se encuentran en pequeñas cantidades y pasan fácilmente a formas insolubles.
4. Fósforo orgánico: representa alrededor del 20% del fósforo en el suelo. Al igual que el nitrógeno, el fósforo orgánico experimenta ciClos de mineralización e inmovilización. La velocidad de estos fenómenos es del mismo orden de magnitud para los dos elementos y varían con la naturaleza de la materia orgánica. Como la cantidad presente en los suelos es muy pequeña (C:N:P, 100:10:1), en los suelos biológicamente muy activos la mineralización aventaja a la inmovilización.

No conviene determinar el fosfato total sino el fósforo asimilable, que es aquel que puede ser puesto rápidamente a disposición de la planta. Este tipo de fósforo está íntimamente ligado a otras características y componentes del suelo como son el pH, la caliza activa y la materia orgánica. Esta determinación es extremadamente dificultosa ya que se trata de conseguir una solución extractora que separe del suelo cantidades de fósforo semejantes, las que extraen las plantas. En el método Olsen esta solución es NaHCO3 0.25 M a pH=8.5, con una relación suelo:extractante 1:20 y un tiempo de extracción de 30 minutos.

1. Determinación de fósforo asimilable en suelos básicos: método Olsen

1.1. Material y aparatos

- Erlenmeyer de 250 ml
- Agitador mecánico
- Pie, embudo y papel de filtro exento de fósforo
- Vaso de 100 ml
- Fotocolorímetro
- Matraz aforado de 50 ml

- Dispensador de agua desionizada
- Probeta de 100 ml
- Pipeta de 10 ml
- Tapón de goma

1.2. Reactivos

- Reactivo A: solución de bicarbonato sódico (CO3HNa) 0.5 M, contiene 42 g/l de la sal. Ajustar el pH de esta solución a 8.5 con hidróxido sódico (NaOH) 1 M (40 g/l). Ensayar si contiene fósforo según el procedimiento que se describe más abajo, desechándola en caso positivo. Almacenar en envase de polietileno y comprobar el pH de la solución semanalmente. El bicarbonato sódico provoca la dispersión de partículas coloidales , que pueden provocar una dispersión selectiva de la luz visible y la aparición de color en el líquido, interfiriendo en la determinación colorimétrica del fósforo.
- Carbón activado: ensayar si contiene fósforo agitando en un erlenmeyer de 250 ml una cucharada de carbón con 100 ml del reactivo A durante media hora. Filtrar y proceder con el extracto del suelo tal y como se describe más abajo. Caso de reacción positiva lavar el carbón con reactivo A agitando en frasco y filtrando. Lavar directamente en el embudo con agua aplicando succión en matraz quitasato. Desecar en estufa.
- Reactivo B: solución de molibdato amónico (Mo7O24(NH4)6·4H2O). Disolver 15 g de molibdato amónico en 300 ml de agua destilada templada. Filtrar la mezCla si fuera necesario (si aparece en superficie una sustancia blanca) y dejar enfriar. A continuación añadir 342 ml de HCL concentrado poco a poco y mezClando conforme se agrega. Diluir hasta 1 litro con agua. Esta solución contiene exceso de HCl para neutralizar el bicarbonato sódico contenido en el extracto.
- Reactivo C: solución concentrada de Cloruro estannoso (Cl2Sn·2H2O). Disolver 10 g de Cloruro estannoso en 25 ml de HCl concentrado. Preparar solución nueva, al menos, cada dos meses. Utilizar cristales grandes de la sal mejor que polvo fino. Conserva la solución en atmósfera de hidrógeno generada por cinc y HCl, o en un refrigerador.
- Reactivo D: solución diluída del Cloruro estannoso. Añadir 0.5 ml de reactivo C a 66 ml de agua. Preparar esta solución para cada serie de determinaciones.
- Solución patrón de 100 ppm de fósforo. Pesar 0.4392 g de PO4H2K. Verter en un matraz aforado de 1 litro y disolver en agua destilada. Diluir la solución hasta 1 litro. Añadir 5 gotas de tolueno para disminuir la actividad microbiana. Este patrón lo hacemos para obtenr posteriormente el de 2 ppm de fósforo.
- Solución patrón de 2 ppm de fósforo. Diluir 20 ml de la anterior hasta 1 litro con agua.

1.3. Procedimiento

1. En un matraz erlenmeyer de 250 ml se introducen 5 g de suelo, una cucharilla de carbón y 100 ml de solución extractora (reactivo A). El carbón, debe estar libre de fósforo. El carbón absorbe las partículas coloidales dispersas para evitar interferencias en la medida del P
2. Agitar el matraz durante media hora en el agitador mecánico
3. Filtrar la suspensión con un papel de filtro exento de fósforo. Añadir más carbón, cuando sea necesario para obtener un filtrado claro
4. Agitar el matraz inmediatamente antes de la filtración
5. 10 ml de filtrado se introducen en un matraz aforado de 50 ml. Se agregan 10 ml de reactivo B. Una vez que el desprendimiento rápido de CO_2 haya terminado, agitar

suavemente y cuando concluya todo desprendimiento de CO_2 enrasar con agua agua destilada. Añadir 2 ml de reactivo D sobre el matraz ya aforado y mezclar inmediatamente por agitación una vez tapado el matraz con la ayuda de un tapón o de parafilm. Estos dos ml se añaden para provocar el cambio de color y por eso se añaden sobre lo aforado, en donde se realizará la reacción anterior

6. A los 10 minutos leer en el fotocolorímetro la absorvancia de la solución a 660 nm. El color será estable entre 19 y 30 minutos
7. Determinar la humedad de la muestra en una alícuota apropiada secándola a 100-105°C durante la noche
8. Hacer lo mismo para el blanco cogiendo 10 ml del reactivo A y partiendo del punto 5 del procedimiento

1. 4. Preparación de patrones

En 9 matraces aforados de 50 ml poner las siguientes alícuotas de la solución patrón de 2 ppm: 0-1-3-5-7.5-10-15-20-25 ml. De esta forma tendremos de 2 a 50 μg de fósforo en matraces aforados de 50 ml.

Agregar 10 ml del reactivo A y a continuación 10 ml del reactivo B. Se procede seguidamente igual que con las muestras.

Las concentraciones en fósforo de la curva de trabajo propuesta son las siguientes: 0-0.04-0.12-0.20-0.30-0.40-0.60-0.80-1 ppm.

ppm = mg/l = μg/ml.

1.5. Cálculos

ppm de fósforo en solución x 100 (factor de dilución)= ppm de fósforo asimilable en suelo

Si la lectura en el fotocolorímetro es inferior al valor obtenido para el primer punto de la curva, no se valorará el contenido en fósforo del suelo, indicando que este es menor de 4 ppm (0.04 x100).

2. Determinación del fósforo asimilable en suelos ácidos: Método Bray

2.1. Material y aparatos

- Agitador magnético
- Vasos de precipitado 100 ml
- Papel de filtro Whatman 42
- Tubos de ensayo
- Vaso de precipitados de 500 ml
- Espectrofotómetro

2.2. Reactivos

- Solución extractante 1. 11 g de fluoruro amónico en 1 litro de HCl 0.025 N (2.1 ml de HCl concentrado en 1 litro de agua destilada)

- Molibdato amónico al 1.5 % en HCl 3.5 N (15 g de molibdato en 300 ml de agua destilada más 290 ml de HCl concentrado y se enrasa a 1 litro con agua destilada (cada 2 meses)
- Cloruro estannoso: 10 g de cloruro estannoso (Cl_2Sn. 2 H_2O)
- Cloruro estannoso diluído: 1 ml de la solución anterior en 330 ml de agua destilada. Su efecto dura 2 horas.
- Patrones de 200 ppm y de 20 ppm: 0.8780 g de PO_4 H_2K desecado a 40° C en 1 litro de solución extractante (200 ppm). 10 ml de la solución de 200 ppm en 100 ml de solución extractante (20 ppm)

2.3. Procedimiento

1. Preparación de la muestra: 1 g de suelo en un vaso de 100 ml y se añaden 7 ml de solución extractante agitando durante 5 minutos. Filtrar inmediatamente a través de Whatman Nº40.
2. Curva patrón: verter partes alícuotas (0.05, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20 ml) de la solución de 20 ppm en matraces aforados de 50 ml diluyendo con solución extractante. En tubos de ensayo tomar 1 ml de cada una de las soluciones anteriores, añadir 6 ml de agua destilada, 2 ml de ácido cloromolíbdico, y 1 ml de cloruro estannoso recién diluído. Leer a 600 nm después de 6 minutos.
3. Determinación: en tubos de ensayo tomar 1 ml del extracto de suelo añadir 6 ml de agua destilada, 2 ml de cloromolíbdico y 1 ml de cloruro estannoso recién diluído. Leer después de 6 minutos y antes de 15 minutos.

PRÁCTICA Nº 11
DETERMINACIÓN DEL NITRÓGENO

En un suelo en estado natural el nitrógeno existente está o en forma orgánica (más del 85%) o en forma mineral, como resultado de la mineralización de la materia orgánica. Además, el nitrógeno mineral existente está sometido a fuertes pérdidas por la lixiviación a la que está expuesto y por el hecho de que los procesos de mineralización están sumamente influenciadas por las condiciones Climáticas, de suelo, etc.

Todo ello trae como consecuencia el hecho de que en dos determinaciones poco espaciadas en el tiempo nos pueden dar variaciones muy importantes en contenidos en nitrógeno, si los factores que influyen en el proceso han variado.

Por lo dicho, el nitrógeno a la hora de valorarlo, de cara a una correcta fertilización, debe ser considerado en términos de dinámica, o sea, valorarlo en función del tiempo y de las condiciones Climáticas más que en términos estáticos; y por ello considerar las necesidades de la planta en especial y su proporcionalidad con la producción, la estimación de los residuos, la determinación del coeficiente de utilización en cada caso y la estimación de pérdidas por desnitrificación y por lixiviación.

En el método Kjeldahl se determina el nitrógeno constituyente de la materia orgánica del suelo. Es una de las muchas variantes del método Kjeldahl que se usa en análisis de suelos.

El método se recomienda especialmente para aquellos estudios en los que se requiera conocer la relación C/N de la materia orgánica del suelo.

Los valores más comunes del nitrógeno en el suelo son:

6. subsuelo: 0.04%
7. suelos de huerta: 0,19%- 0,24%
8. praderas e invernaderos muy estercolados.0,35%-,040%-0,60%

1. Principio

a) El suelo se disgrega con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de un catalizador, transformándose el nitrógeno orgánico en amoniacal:

$$2NH_2\text{-}CH_2\text{-}COOH + 7H_2SO_4 \xrightarrow{*} 4CO2 + 8H_2O + 6SO_2 + (NH_4)SO_4$$

*= calor, catalizador

b) Alcalinización del medio con hidróxido sódico, liberándose el amoniaco formado:

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow 2NH_3 + Na_2SO_4 + 2H_2O$$

$$NH_4+ + OH^- \longrightarrow NH_3 + H_2O$$

c) El amoniaco va a ser recibido por arrastre con vapor de agua, en una solución de ácido bórico en presencia de un indicador. El medio se pone alcalino y el indicador vira a verde:

$$2NH_3 + H_3BO_3 \xleftrightarrow{*} HBO_3(NH_4)_2$$

*= indicador

d) Valoramos el nitrógeno recogido con ácido Clorhídrico 0.1 M.

$$HBO_3(NH_4)_2 + 2HCl \longleftrightarrow 2ClNH_4 + H_3BO_3$$

2. Material y aparatos

- Balanza analítica de precisión.
- Mortero
- Probeta 100 ml
- Erlenmeyer o vaso de 250 ml.
- Bureta de valoración con soporte.
- Digestor, unidad de control, tubos de digestión y sistema de destilación Kjendhal.
- Tamiz de 0,14 mm

3. Reactivos

- Acido sulfúrico concentrado
- Pastillas kjendhal
- Hidróxido sódico 40%: disolver 40 g de hidróxido sódico en agua destilada y aforar hasta 100 ml
- Indicador mixto. Hacer rojo de metilo al 0.1 % en etanol y por otra parte disolver verde de bromocresol al 0.1 % en etanol. MezClar ambas soluciones con bórico en la siguiente proporción: 2 litros de bórico, con 20 ml de verde de bromocresol y 14 ml de rojo de metilo
- Solución de ácido bórico al 4% con indicador. Disolver 80 g de ácido bórico en aproximadamente 1800 ml de agua destilada, calentando suavemente. Dejar enfriar y añadir 25 ml del indicador mixto. Llevar a 2000 ml con agua destilada
- Acido Clorhídrico 0.1 N (8,176 ml en 1 l de H2O). Factorizar con carbonato sódico.
- Octanol

4. Preparación de la muestra

Moler la muestra usando un molino de laboratorio adecuado. Asegurar una molida precisa, pasando a través de un tamíz de 0.14 mm la tierra. Mezclar el material tamizado antes de analizar. Pesar de 0.5 - 1.0 g de muestra con una precisión de 0.1 mg en tubo de digestión de 250 ml.

5. Digestión

Añadir 2 pastillas kjeldahl. Añadir 12 ml de H_2SO_4. Agitar suavemente para humedecer la muestra. Colocar el aspirador y encenderlo. Digerir durante 60 min. Y en caso de salir espumas añadir 2 ó 3 gotas de octanol o una emulsión antiespuma. Quitar la gradilla con el tubo y dejar enfriar 15 minutos.

Precalentar el bloque digestor a 420°C y ajustar los tubos y observar que a los cinco minutos de estar a pleno rendimiento sale humo.

6. Destilación

En algunos sistemas parte o todo se realiza automáticamente. Diluir la digestión enfriada con 75 ml de agua destilada. Añadir 25 ml de la disolución receptora en el frasco correspondiente. Añadir 50 ml de NaOH al 40 % para diluir la digestión. Dejar que la reacción se lleve a cabo lentamente.

Destilar durante el tiempo descrito (ver a continuación) y valorar el destilado con un valorador estandarizado (HCl 0.1 N). La normalidad de este valorador debe darse con 4 decimales. Hacer un blanco antes de cada grupo de muestras.

7. Cálculos

$$N(\%) = \frac{(T - B)x14.007xNx100}{\text{Peso de la muestra (mg)}}$$

Peso de la muestra (mg)

T = ml en la valoración de la muestra

B = ml en la valoración del blanco

N = normalidad del valorador

Modelo	Dilución	Alcali	Delay	Destilado	Solución receptora	Valorador
1002	75 ml	1stroke	--------	4 min.	4 % H_3BO_3	0.1 N HCl
*1026	75 ml	2	0.2	3.6 min.	4 % H_3BO_3	0.1 N HCl
1030	75 ml	macro	macro	auto	1 % H_3BO_3	0.1 N HCl
1035	75 ml	50	50 ml	auto	1 % H_3BO_3	0.1 N HCl

Dilución: sale 70 ml de agua

Alcali: pulsar dos veces: salen 25 ml de sosa cada vez.

El blanco sale de 0,10 a 0,20 ml con HCl de 0,1 N

Tabla 6. Clasificación del contenido en nitrógeno total y de la relación C/N de un suelo

N total %		Relación C/N	
< 0.05	muy bajo	< 6.0	muy baja
0.06-0.10	bajo	6.0-9.0	baja
0.11-0.20	normal	9.1-11.0	normal
0.21-0.30	alta	11.1-15.0	alta
> 0.30	muy alto	> 15.0	muy alta

PRÁCTICA Nº 12
DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS DE UN SUELO

Todo suelo contiene componentes minerales de distintos tamaños, que pueden ser desde fragmentos grandes de roca hasta partículas ultramicroscópicas de carácter coloidal. Muchas propiedades físicas y químicas de los suelos están en estrecha relación con el tamaño de sus componentes, por ejemplo la estructura, la capacidad de retención de agua, la aireación, la capacidad de retención de elementos nutrientes, etc.

Para caracterizar los componentes de un suelo según su tamaño, se han establecido diferentes sistemas de Clasificación.

Tabla 7. Clasificación y denominación de las principales fracciones granulométricas del suelo (ISSS)

Diámetro equivalente (*)		Denominación de la fracción granulométrica
mm	**micras**	
> 200		Bloques
200 - 20		Grava
20 - 2		Gravilla
2 - 0.02	2000 - 20	Arena
0.020 - 0.00	20 - 2	Limo
<0.002	< 2	Arcilla

(*) Las partículas del suelo no son normalmente esféricas, por esto se emplea el término "diámetro equivalente".

1. Clasificación y denominación de las principales fracciones granulométricas del suelo

Los intervalos de diámetro de partículas pueden ser a su vez subdivididos en grupos menores. Por ejemplo la fracción "arena" se subdivide en:

arena gruesa : 2 - 1 mm

arena media: 1 - 0.2 mm

arena fina: 0.2 - 0.02 mm

La textura o granulometría de un suelo es la proporción en que se encuentran las diferentes partículas del mismo, según su tamaño.

Los elementos gruesos son fáciles de determinar, bien a simple vista o separando las fracciones de menor diámetro mediante tamices.

La determinación de las fracciones de la "tierra fina" presenta mayores dificultades, y sin embargo su caracterización es de singular importancia para juzgar las propiedades de los suelos. En sentido estricto, la textura del suelo viene determinada por la relación entre el contenido de

arena, de limo y de arcilla en la tierra fina. Cuando un suelo presenta una proporción equilibrada de las 3 fracciones, su textura recibe el nombre de "franca". Según la fracción que predomine en el suelo, así se designa su textura; el diagrama triangular del esquema 2 indica ejemplos de designación, según los porcentajes relativos de cada fracción.

Ejemplo: un suelo con 60% de arena, 30% de limo y 10% de arcilla, es "franco arenoso".

Existe la posibilidad de realizar un diagnóstico de campo con medios sencillos, para obtener "in situ" una primera información sobre la textura.

Los métodos de laboratorio para caracterizar las fracciones más finas son largos y engorrosos; se basan generalmente en la diferente velocidad de sedimentación de las partículas, según su tamaño, cuando se encuentran en suspensión.

Diagnóstico de campo

Se puede realizar mediante el llamado "ensayo táctil".

Se toma una pequeña muestra en la palma de la mano, se eliminan los elementos gruesos, se humedece débilmente y se intenta formar una masa homogénea entre las palmas de las manos.

El material humedecido y homogeneizado es examinado:

- intentando enrollarlo hasta formar un cilindro (plasticidad).
- amasándolo entre los dedos (adhesividad).
- frotándolo entre los dedos pulgar e índice para observar después la superficie de frotamiento (existencia de partículas aisladas perceptibles, brillo).

2. Ensayo previo

1. Intente enrollar sobre las manos la muestra humedecida hasta conseguir un cilindro del grosor de un lápiz:
    a. No enrollable: grupo de textura arenosa
    b. Enrollable: grupo de textura franca, limosa o arcillosa
2. Frote entre los dedos pulgar e índice la muestra humedecida:
    a. Superficie de frotamiento brillante: grupo de textura arcillosa
    b. Superficie de frotamiento mate: grupo de textura limosa o franca

3. Caracterización de cada grupo de textura

Arcillosa: Muestra humedecida adherente, muy plástica (se puede formar un cilindro hasta de 2 mm de diámetro), la superficie de frotamiento es brillante, al tacto entre los dedos no se perciben las partículas aisladas, al frotar no se oye ningún rechinar.

Limosa: Muestra humedecida de aspecto harinoso, medianamente adherente a los dedos, poco plástica (se puede formar un cilindro del grosor de un lápiz), no se perciben al tacto entre el pulgar y el índice las partículas aisladas, la superficie de frotamiento es mate.

Arenosa: Muestra humedecida no adherente, no plástica (no se puede formar un cilindro del grosor de un lápiz), fuerte rechinar al frotar la muestra entre los dedos.

Franca: Muestra humedecida adherente, de plasticidad mediana a alta según el contenido en arcilla (se puede formar un cilindro del grosor de un lápiz y a veces hasta de 2mm de diámetro si el contenido de arcilla es elevado), al tacto entre los dedos pulgar e índice se perciben granos aislados, al frotar la muestra entre los dedos se oye el rechinar de algunas partículas, en las rayas de la palma de la mano queda polvo fino.

4. Determinación de la textura de los suelos mediante la pipeta de Robinson

4.1. Principio

Debido a que los principales métodos de análisis de textura se basan en procesos de sedimentación, la "International Society of Soil Science" define la fracción arcilla como el conjunto de partículas de un diámetro efectivo < 2 μm y una velocidad de sedimentación, en agua destilada, < 10 cm en 8 horas a 20°C. Dicho diámetro efectivo o equivalente corresponde al de una esfera que tuviera la misma densidad que la partícula y sedimentara a la misma velocidad que ella.

Las partículas del suelo en suspensión sedimentan con una velocidad que depende de su diámetro medio. La relación puede representarse mediante la fórmula de Stokes:

$$v = e / t = [2 * r2 * g (d - d')] / 9 * n = K * r2$$

siendo:

v = velocidad de sedimentación (cm/s).

e = espacio.

t = tiempo.

r = radio de la partícula.

g = aceleración de gravedad= 981 cm / s2.

d = densidad de partícula = 2.6053 g/cm3 a 20°C.

d´= densidad líquido (agua)=0.9982 g/cm3 a 20°C.

n = viscosidad del medio= 0.01009 g/ cm*s.

K = 34.722 cm-1 * s-1, cuando la sedimentación se realiza en agua y a 20°C.

Mediante esta fórmula puede calcularse el tiempo que tarda una partícula de tamaño determinado en descender cierto espacio (t=e/K*r2). Por ejemplo, si aplicamos esta fórmula a las partículas de 2 μm de diámetro obtendremos que para que desciendan 10 cm es necesario que transcurra un tiempo de 8 horas, y una partícula de 20 μm de diámetro tardará 4 min y 48 s en realizar el mismo recorrido en idénticas condiciones.

En la práctica se trata una muestra de suelo y se trata previamente con agua oxigenada para destruir la materia orgánica, que forma agregados con las partículas minerales e impide por lo tanto la dispersión de las mismas. Se prepara después una suspensión del suelo en agua, se lleva a una probeta de dimensiones definidas y se agita para homogeneizar bien la suspensión.

Al tomar un pequeño volumen de esta suspensión de suelo, mediante una pipeta, a una profundidad e y un tiempo t después del cese de la agitación, se obtiene una muestra en la que todas las partículas más gruesas que r han sido eliminadas. En la práctica para determinar las tres fracciones de la tierra fina, se toma una muestra a 10 cm de profundidad a los 4 min y 48 s, momento en que toda la arena ha sedimentado, quedando únicamente limo y arcilla, y otra muestra a la misma profundidad, a las 8 horas, que es cuando sólo queda arcilla (< 2 μm).

Si la temperatura de la suspensión no es de 20°C, la velocidad de sedimentación es diferente, y por tanto los tiempos para efectuar las tomas también lo serán. En función de la temperatura las tomas se realizan en los tiempos de sedimentación que se dan en la Tabla que se acompaña.

La separación de la arena en sus fracciones (fina, gruesa, media), se realiza mediante tamizado.

4.2. Material y aparatos

- Balanza de precisión
- Estufa de desecación
- Baño de agua
- Tamiz 0.2 mm
- Frasco lavador
- Cápsulas de porcelana
- Vasos de 1000 cm^3
- Botellas de 1000 cm^3
- Probetas de 1000 cm^3
- Pipeta Robinson
- Termómetro
- Desecador

4.3. Reactivos

- Agua oxigenada de 110 volumenes.
- Agente dispersante: hexametafosfato sódico (102 g/l)

4.4. Técnica

4.4.1. Destrucción de la materia orgánica

Se pesan 20 g de muestra (tierra fina sin moler) con una precisión de 0,0001g. Se pone en un vaso de precipitados grande. Se añaden, con probeta, unos 60 ml de agua oxigenada al 6% y se calienta en un baño de agua. Se vigila la muestra hasta que deje de producir espuma, añadiendo de nuevo agua oxigenada si se seca.

Mientras tanto procederemos al tarado de las cápsulas en las que recogeremos cada una de las fracciones.

4.4.2. Tara de las cápsulas

Se seleccionan 4 cápsulas más 1 para el blanco de dispersante, (esta última puede ser usada en común por varios equipos). Cada cápsula es numerada y después lavada con agua y jabón, haciendo los últimos aClarados con agua destilada. Se ponen a continuación a secar en estufa un mínimo de 12 h a 110ºC. Una vez secas se dejan enfriar en el desecador. A partir de este momento es preferible no manipular las cápsulas con las manos sino utilizar unas pinzas.

Una vez frías, las cápsulas serán pesadas con una precisión de 0,0001 g y guardadas en un lugar limpio y seco. Anotaremos los pesos (taras) en una tabla de este tipo:

Fracción	**Limite (mm)**	**Nº Cápsula**	**Tara**	**Tara+Peso**	**Peso Fracción**	**%**
Arena	2,00-0,05					
Limo grueso LG	0,05-0,02					
Limo fino	0,02-0,002				*	
Arcilla	< 0,002				*	

* Estas fracciones acumulan el peso de las inferiores

4.4.3. Dispersión

Después de destruida la materia orgánica, el residuo se pasa totalmente a un frasco de litro, procurando que las aguas de recogida no llenen la mitad del frasco. Se añaden, con probeta, 40 ml de agente dispersante (hexametafosfato sódico) y se agita mecánicamente durante 8 horas.

5. Separación por sedimentación de las fracciones limo grueso, limo fino y arcilla

Terminada la dispersión pasamos totalmente el contenido de la botella a una probeta de litro, lavando y enrasando con agua destilada.

Agitamos durante un minuto el contenido de la probeta, introducimos la pipeta de Robinson y a los 40" de haber dejado de agitar realizamos la primera extracción succionando hasta que el líquido rebase la llave de la pipeta. En este momento cerramos la llave, extraemos la pipeta y vaciamos los 20 ml. cambiando la posición de la llave, sobre una de las cápsulas taradas.

Sin enrasar, volvemos a agitar y repetimos la operación para la 2ª y 3ª extracción, variando sólo los tiempos de sedimentación en función de la temperatura del laboratorio según las tablas.

Las fracciones recogidas en cada extracción son:

Extracción	Fracción	InCluye	t aprox	Tamaño (mm)
1ª	LG	LG+LF+a	40"	0,05-0,02
2ª	LF	LF+a	3´a 6´	0,02-0,002
3ª	Arcilla	a	6h a 10h *	< 0,002

Muy importante

- Lavar con agua destilada la pipeta entre cada extracción.
- Durante la sedimentaciones la probeta estará sobre una superficie firme y libre de vibraciones o movimientos que alteren el ritmo normal de sedimentación de las partículas.
- La introducción de la pipeta en el liquido se efectuará lentamente, sin causar perturbaciones en la sedimentación.

Pondremos las cápsulas con el líquido a secar en estufa un mínimo de 12 h a 110ºC. Una vez secas las dejaremos enfriar en el desecador y las pesaremos con precisión de 0,001 g.

5.1. Separación por tamizado de las fracciones de arena

El líquido que queda en la probeta se pasa a través de un tamiz de 0,05 mm. y se lava cuidadosamente hasta que el líquido que percole sea Claro. El residuo del tamiz se pasa a una cápsula y se deseca.

Anotamos todos los pesos, restamos las taras y con esos datos efectuamos los cálculos para dar el porcentaje de cada fracción.

6. Cálculos

P0 = Peso inicial de la muestra

L= Peso de la fracción limo(*)

Pm= Peso de la fracción mineral

D= Peso medio del dispersante

A= Peso de la fracción arcilla
An = Peso de cada fracción de arena
(*) Acumula a las inferiores
Pm = (SumatorioAn) + (L-D) x 50

$$\text{\% Pérdida de muestra} = \frac{P_0 - P_m}{P_0} x100$$

$$\text{\% Arena} = \frac{A_n}{P_m} x100$$

$$\text{\% Limo G} = \frac{(LG - LF)x50}{P_m} x100$$

$$\text{\% Limo F} = \frac{(LF - A)x50}{P_m} x100$$

$$\text{\% Arcilla} = \frac{(A - D)x50}{P_m} x100$$

Tabla 8. Tiempo al que sedimentan la fraccion arcilla (a) y la fracción limo fino (LF) y arcilla (a) según las temperaturas

	FracciónArcilla (a) < 0,002		FracciónLF+a < 0,02 mm	
Tª C	**Horas**	**Min**	**Min**	**Seg**
10	10	23	6	14
11	10	6	6	3
12	9	49	5	54
13	9	34	5	44
14	9	19	5	33
15	9	3	5	27
16	8	51	5	19
17	8	37	5	10
18	8	24	5	3
19	8	12	4	55
20	8	0	4	48
21	7	48	4	41
22	7	37	4	34
23	7	26	4	28
24	7	16	4	33
25	7	6	4	15
26	6	56	4	10
27	6	47	4	4
28	6	38	3	59
29	6	29	3	54
30	6	21	3	48

PRÁCTICA Nº 13
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD REAL, LA DENSIDAD APARENTE Y LA POROSIDAD DE UN SUELO

1. Densidad real

La densidad real es la relacion entre la masa del material solido seco y el volumen real ocupado por las particulas. La densidad real se expresa generalmente en g cm^{-3}

El valor de la densidad real depende de la naturaleza de los minerales integrantes y de la cantidad y naturaleza de la materia orgánica.

En la mayoría de los suelos, el valor medio de la densidad real es 2,65 cariando en funcion de la composición del suelo. Así, cuanto mas humus tiene un suelo, menor es la densidad de la fase sólida. De esta forma la densidad real de los que contienen un 10% de humus está alrededor de 2,4 y la de las turberas entre 1,4 y 1,7.

En general los sustratos tienen una densidad real menor que los suelos naturales debido a que las particulas de sustrato suelen tener poros internos. Estos poros internos pueden estar abiertos al exterior o cerrados. Los materiales por poros cerrados son menos densos y se utilizan en las mezClas para aligerar los sustratos (Burés, 1997)

1.1. Metodología

El método mas utilizado para la determinación de la densidad real en materiales con elevada componente orgánica consiste en una estimacion indirecta a partir de los contenidos de materia orgánica total y de las cenizas obtenidos en el proceso de calcinación de la muestra. Para ello debemos tener en cuenta que la densidad real de los materiales orgánicos es de 1,45 g cm^{-3} y la de las cenizas como materiales minerales es de 2,65 g cm^{-3}.

De esta forma calcularemos la densidad real de acuerdo con la siguiente expresión:

$$D_R(g/cm^3) = \frac{100}{\frac{\%M.O.}{1,45} + \frac{\%M.M.}{2,65}}$$

Siendo:

% M.O.: porcentaje de materia orgánica.

% M.M.: porcentaje de materia mineral (cenizas).

2. Densidad aparente

La densidad aparente o masa volumétrica se define como la relacion entre la masa de material sólido seco y el volumen que ocupa en unas condiciones determinadas, inCluyendo el espacio poroso entre las partículas. Se expresa generalmente en g cm^{-3}.

La densidad aparente de un suelo siempre es inferior a la densidad real. Su valor depende del indice de textura, de la estructura del suelo y de su contenido en materia orgánica.

De la densidad aparente del suelo dependen sus propiedades hidroaereas, térmicas y biológicas.

En los suelos arcillosos y arcillo-arenosos, la compactación produce disminución de la porosidad total y disminución del volumen de los poros de aireación, al mismo tiempo que aumenta el volumen de los poros inactivos en los que el agua es prácticamente inaccesible para las plantas, disminuyendo a su vez la velociad de infiltración del agua y se dificulta la expansión de las raíces.

2.1. Metodología

Se determina utilizando un cilindro rígido de ensay de volumen 100 cm^3. Se tara la balanza con el peso del cilindro. A continuación se llena el cilindro con el material a analizar, compactando suavemente hasta la marca de 100 cm^3 y se pesa nuevamente para obtener el peso de 100 cm^3 de muestra.

A continuación se obtuvo la densidad aparente aplicando la siguiente formula:

$$D_A(g/cm^3) = \frac{\text{peso de muestra}}{\text{volumen del cilindro}}$$

3. Porosidad

La porosidad total o espacio poroso total (EPT) se define como el volumen total del sustrato no ocupado por partículas; es decir, la relacion entre el volumen de poros y el volumen aparente del sustrato expresado como porcentaje en volumen. El valor óptimo de porosidad en un sustrato debería ser superior al 85%.

Generalmente los sustratos tienen dos tipos de porosidad: interna y externa. La porosidad externa es la que se genera por el propio empaquetamiento de las partículas y depende del modo en que se produzca dicho empaquetamiento, del tamaño del contenedor y de la forma, tamaño y naturaleza de las partículas. La porosidad interna depende de la naturaleza de las partículas y puede estar abierta o cerrada. Se habla de porosidad abierta o efectiva cuando los poros internos tienen conexión con el sistema de poros externos. La porosidad cerrada se produce debido a la existencia de poros que no tienen conexión con el sistema de poros externos y el menor peso del sustrato es su único efecto positivo.

3.1. Metodología

La estimacion de la porosidad total se realiza a partir de la determinación de las densidades real y aparente mediante la siguiente expresión:

$$EPT(\%) = (1 - \frac{D_A}{D_R})x100$$



TRABAJO DE CLIMATOLOGIA

TRABAJO DE CLIMATOLOGÍA

La influencia del Clima en el crecimiento, desarrollo y productividad de los cultivos no responde generalmente a la acción aislada de un determinado elemento, sino a la acción combinada de varios o incluso de todos los elementos Climáticos. Por esta razón resulta necesario caracterizar las condiciones Climáticas de una región, considerando la acción acumulativa de todos los elementos integrantes del Clima, para poder estudiar su influencia sobre el desarrollo vegetal.

El estudio Climatológico a realizar constará de las siguientes fases:

1. Elección de tres observatorios situados a distinta altura: uno de la montaña (Valvanera, Ortigosa, Mansilla...), otro del valle (Haro, San Asensio, Cenicero, Rincón de Soto, Alfaro, Logroño...) y otro de una zona intermedia (Cuzcurrita, Baños, Redal...).

- Indicar los datos de situación: zona de la Rioja en la que está, coordenadas referidas al meridiano de Greenwich (longitud W/E y latitud N/S en grados minutos y segundos) y la altitud.
- Detallar la dotación con que cuenta.

2. Recopilación de datos de las siguientes variables Climáticas, durante un período de tres años, en cada observatorio:

- Temperaturas medias, media de máximas y media de mínimas
- Precipitación mensual.
- Humedad relativa (%)
- Nº de días de lluvia
- Nº de días de rocío
- Nº de días de niebla

Las abreviaturas utilizadas en los resúmenes mensuales de temperaturas son:

T. MAX: temperatura máxima del mes (ºC)
DIA 1: Día en que se registró la temperatura máxima del mes
DIA 2: 2º día en que se registró la temperatura máxima del mes
T. MIN: temperatura mínima del mes (ºC)
DIA 1: Día en que se registró la temperatura mínima del mes
DIA 2: 2º día en que se registró la temperatura mínima del mes
M. MAX: media mensual de las máximas
M. MIN: media mensual de las mínimas
M. MES: temperatura media mensual
M.8HH: media mensual a 08 (U.T.C.)
<=-5: días con tª mínima<=-5ºC

>=20:días con tª mínima >=20ºC
>=30:días con tª máxima >=30ºC
<=0: días con tª mínima<=0ºC
>=25:días con tª máxima >=25ºC

Las abreviaturas utilizadas en los resúmenes mensuales de precipitaciones son:

P.TOT.: Precipitación total mensual (mm ó l/m2)
P. MAX.: Precipitación máxima en 24 horas(mm ó l/m2)
DIA 1: Día en que se registró la máx. precipitación en 24 horas
DIA 2: 2º día en que se registró la máx. precipitación en 24 horas
L: nº de días de lluvia
N: nº de días de nieve
G: nº de días de granizo
T: nº de días de tormenta
=: nº de días de niebla
R: nº de días de rocío
E: nº de días de escarcha
s: nº de días de con suelo cubierto de nieve
I :fenómeno inespecificado
IP: días de precipitación<=0.1mm
>=1: días de precipitación >=1mm
>=30: días de precipitación >=30mm
>=0.1: días de precipitación >=0.1mm
>=10: días de precipitación >=10mm

3. En el trabajo de Climatología cada grupo de alumnos elegirá un Observatorio de entre los que se dan y realizará un estudio estadístico de los datos aportados:

1. En relación a la temperatura:
    a. Temperatura media anual del año
    b. Temperatura media anual de cada Estación (Primavera = marzo + abril + mayo; Verano = junio + julio + agosto; Otoño = septiembre + octubre + noviembre; Invierno = diciembre + enero + febrero) y su desviación típica.
    c. Temperatura media estacional

2. En relación a la precipitación:
    a. Precipitación anual
    b. Precipitación estacional y su desviación típica frente al total. El % que supone la precipitación mensual respecto al anual y la estacional en relación a la anual.
    c. Comentar los datos: mes más frío y más cálido, más y menos lluvioso, estación más lluviosa y más seca, variación interanual de P y T (cálculo del coeficiente de variación: relación porcentual de la desviación típica frente a la media). Comprobar si el descenso pluviométrico es en otoño que es cuando las plantas no lo notan por estar en reposo vegetativo y si reciben la máxima cantidad en primavera y verano que es cuando más lo necesitan. Señalar cual es la temperatura más alta y más bajas que deben soportar los cultivos.

4. Aplicación de los siguientes índices fitoClimáticos

Estos índices son relaciones numéricas entre los distintos elementos de un Clima, que pretenden cuantificar la influencia de éste sobre las comunidades vegetales.

La aridez del Clima es el aspecto que se encuentra más frecuentemente cuantificado en forma de índices por los distintos autores, ya que es un factor limitante para la vida de las comunidades vegetales.

4.1. Índice de pluviosidad de Lang

I = P/T

P= precipitación anual en mm

T= temperatura media anual en °C

La relación entre el Indice de Lang y las zonas Climáticas es la siguiente:

I = 0-20 : zona desértica

I = 20-40 : zona árida

I = 40-60 : zona húmeda de estepa y sabana

I = 60-100 : zona húmeda de bosques Claros

I = 100-160 : zona húmeda de bosques densos

I = mayor de 160 : zona superhúmeda:prados tundras

La intensidad de precipitación a lo largo de los meses del año se calcula mediante la fórmula:

Ip = R/N

R = precipitación del mes en mm

N = nº de días de precipitación del mes

Hacer un diagrama de barras, representando la intensidad de precipitación a lo largo de los meses del año.

Este índice varía mucho con los años.

4.2. Índice de aridez de Martone

Im = P/(T+10)

P = precipitación anual en mm

T = temperatura media anual en °C

La relación entre el índice de Martone y las zonas Climáticas es la siguiente:

Im = 0-5 : zona Desértica

Im = 5-10 : zemidesértico

Im = 10-20 : estepas y países secos mediterráneos

Im = 20-30 : regiones de olivo y cereal

Im = 30-40 : regiones subhúmedas de prados bosques

Im> 40 : zonas húmedas a muy húmedas

Este índice es tanto más bajo cuanto más árido es el Clima.

Cuando se calcula el índice de aridez para un mes en particular se utiliza la siguiente expresión:

$$i = 12p / (t + 10)$$

Determinar cuales son los meses más áridos del año.

4.3. Índice de Dantin-Revenga

$$I = 100\,t / P$$

t = temperatura media anual en °C

P = precipitación anual en mm

La aridez se expresa de acuerdo con el siguiente cuadro:

Indice termopluviométrico	Designación
0 - 2	Zona húmeda
2 - 3	Zona semiárida
3 – 6	Zona árida
>6	Zona subdesértica

5. Clasificaciones Climáticas

5.1. Clasificación bioClimática UNESCO-FAO

Los datos Climáticos que se necesitan para utilizar esta Clasificación son:

- Tª media mensual
- Tª media de las mínimas
- precipitación mensual
- número de días de lluvia, niebla y rocío
- % humedad relativa

5.1.1. Temperatura

Desde el punto de vista bioClimático, resulta interesante precisar si existe invierno y su rigor y para ello se tiene en cuenta la temperatura media de las mínimas del mes más frío (según la temperatura media) y se establecen tres grupos Climáticos dentro del grupo B:

Grupo 1: Climas templados, templado-cálidos y cálidos. La temperatura media del mes más frío es superior a 0°C.

Grupo B Grupo 2: Climas templado-fríos y fríos. La temperatura media de algunos meses es inferior a 0°C.

Grupo 3: Climas glaciares. La temperatura media de todos los meses del año es inferior a 0°C.

Clasificación de los tipos de invierno según la t_m

tm	Tipos de invierno
tm ≥ 11	sin invierno
7 ≤ tm < 11	con invierno cálido
3 ≤ tm < 7	con invierno suave
-1 ≤ tm < 3	con invierno moderado
-5 ≤ tm < -1	con invierno frío
tm ≤ -5	con invierno muy frío

tm = Temperatura media de las mínimas del mes más frío.

5.1.2. Aridez

Vamos a determinar gráficamente la existencia y duración de los períodos secos y. para ello empleamos el diagrama ombrotérmico de Gaussen:

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
T (°C)	5,5	7,2	9,7	11,1	14,9	18,9	22,2	22,1	19	13,7	9,0	6,5
P (mm)	34,6	30,2	32,2	61	57,2	46,3	26,9	26	21,2	40,6	39,1	40,2

Este diagrama se representa de la siguiente forma: sobre los ejes de ordenadas se indican los valores de las precipitaciones (P) y las temperaturas medias (T), de forma que P=2T, y en abcisas los meses del año. La zona de la gráfica en la que P<2T se corresponde con el periodo o periodos secos.

- Si la curva pluviométrica va siempre por encima de la térmica, no hay periodo seco: axérico.
- Un periodo seco: monoxérico.
- Dos periodos secos: bixérico.

5.1.3. Índices Xerotérmicos

Los índices xerotérmicos se emplean para caracterizar la intensidad de la sequía.

El índice xerotérmico mensual (Xm) señala el nº de días del mes que pueden considerarse biológicamente secos. Se expresa de la siguiente forma:

$$Xm = N - (p - b/2))f$$

donde:

N = nº de días del mes.

P = nº de días de lluvia durante el mes.

b = nº de días de niebla + rocío durante el mes.

f = factor que depende de % de la humedad relativa media diaria.

Factor que está en fución del % de la humedad relativa media diaria:

Hr(%)	f
< 40	1
40 ≤ Hr < 60	0,9
60 ≤ Hr < 80	0,8
80 ≤ Hr < 90	0,7
90 ≤ Hr < 100	0,6
Hr = 100	0,5

Ejemplo: (a partir de aquí los datos no corresponden a un año concreto)

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
P	12,5	11,2	11,8	16,1	15,9	9,9	7	6,7	8,2	12,4	12,5	13,5
b	10,8	8,2	10,5	11,2	11,5	12,2	12,0	14,2	18,2	17,8	14,3	12,6
f	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
Hr(%)	78,2	72,1	64,3	63,1	61,5	57,8	53,5	55,9	61,3	72,1	77,6	78,9
Xm	10,48	10,16	11,16	6,64	7,48	12,6	16,2	15,48	10,16	7,76	8,28	8,96

X (valor del índice xerotérmico anual) = ΣX_m = 125,36

Clasificación de un Clima según la temperatura, la aridez y el indice xerotermico anual (Clasificación UNESCO-FAO)

Tipo Climático según la temperatura	Tipo Climático según la aridez	Valor del índice xerotérmico anual IPx = X	Clasificación
Grupo 1º: Cálido, Templado-cálido y Templado	Monoxérico	$150 < X \le 200$	Xeromediterráneo
		$125 < X \le 150$	Termomediterráneo acentuado
		$100 < X \le 125$	" atenuado
		$75 < X \le 100$	Mesomediterráneo acentuado
		$40 < X \le 75$	" atenuado
		$0 < X \le 40$	Submediterráneo
	Axérico	X = 0	Templado con período subseco (2T<P≤3T)
			Templado-cálido (10<T≤10°C)
			Templado-medio (0<T≤10°C)
	Bixérico	$150 < X \le 200$	Bixérico templado acentuado
		$100 < X \le 150$	" " medio
		$40 < X \le 100$	" " atenuado
		$0 < X \le 40$	" " de transición
Grupo 2º: Templado-frío y frío	Meses de sequía más heladas:		
	11 a 12	—	Desértico frío
	9 a 10	—	Subdesértico frío
	5 a 8	—	Estepario frío
	2 a 4	—	Subaxérico frío
	1	—	Axérico frío
Grupo 3º: Glacial	—	—	Glacial

Como X = 125,36, tenemos un Clima Monoxérico, Termomediterráneo acentuado.

El índice xerotérmico de un período seco (IPx) es la suma de los índices mensuales correspondientes al período seco:

↑ Junio (21 días de junio) ↑ Julio ↑ Agosto ↑ Septiembre (15 días de septiembre)

De acuerdo con las consideraciones de temperatura, aridez e índices xerotérmicos, para el ejemplo realizado tenemos un Clima templado, templado-cálido y cálido; monoxérico; termomediteráneo acentuado.

5.2. Clasificación Climática de Thornthwaite

Los datos Climáticos que se necesitan para utilizar esta Clasificación son:

- temperatura media mensual
- precipitaciones mensuales
- latitud del lugar

5.2.1. Clasificación Climática de Thornthwaite

La fórmula empleada para caracterizar un Clima, según Thornthwaite, está compuesta por cuatro letras y unos subíndices. Las dos primeras letras, mayúsculas, se refieren al índice de humedad y a la eficacia térmica de la zona, respectivamente.

La tercera y cuarta letras, minúsculas, corresponden a la variación estacional de la humedad y a la concentración térmica en verano respectivamente.

5.2.1.1. Determinación del índice de humedad

Para determinar el índice de humedad se realiza el balance de agua del suelo, en donde intervienen los siguientes parámetros:

- Precipitaciones mensuales (P).
- Evapotranspiraciones potenciales medias mensuales (ETP) (ver 2.1)
- Reservas de agua del suelo (R).
- Variación de la reserva de agua (VR).
- Evapotranspiraciones reales mensuales (ETA).
- Déficits mensuales de agua (D).
- Excesos mensuales de agua (E).

A partir de estos parámetros calculamos la ETP y el índice de falta y de exceso de humedad, con los que se calcula el indice de humedad de Thornthwaite.

5.2.1.2. Cálculo de la E.T.P.

La ETP es la cantidad de agua que perderá una superficie completamente cubierta de vegetación en crecimiento activo, si en todo momento existe en el suelo humedad suficiente para su uso máximo por las plantas.

Los datos meteorológicos a utilizar en el cálculo de la ETP son temperaturas e iluminación. Primeramente, a partir de las temperaturas mensuales se determina la denominada evapotranspiración sin ajustar (e), que corresponde a valores calculados para meses ficticios de 30 días y 12 horas de insolación diaria. El valor "e" se calcula mediante la fórmula:

$$e = 1.6\ (10*t/I)$$

donde:

t = temperatura media mensual

I = índice térmico de la zona, que es el sumatorio de los índices de calor. Los índices de calor estan en función de la temperaturas mensuales

Mediante el cuadro siguiente, podremos obtener los valores del índice de calor en función de la temperatura mensual:

T°C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0			.01	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07
1	.09	.10	.12	.13	.15	.16	.18	.20	.21	.23
2	.25	.27	.29	.31	.33	.35	.37	.39	.42	.44
3	.46	.48	.51	.53	.56	.58	.61	.63	.66	.69
4	.71	.74	.77	.80	.82	.85	.88	.91	.94	.97
5	1.00	1.03	1.06	1.09	1.12	1.16	1.19	1.22	1.25	1.29
6	1.32	1.35	1.39	1.42	1.45	1.49	1.52	1.56	1.59	1.63
7	1.66	1.70	1.74	1.77	1.81	1.85	1.89	1.92	1.96	2.00
8	2.04	2.08	2.12	2.15	2.19	2.23	2.27	2.31	2.35	2.39
9	2.44	2.48	2.52	2.56	2.60	2.64	2.69	2.73	2.77	2.81
10	2.86	2.90	2.94	2.99	3.03	3.08	3.12	3.16	3.21	3.25
11	3.30	3.34	3.39	3.44	3.48	3.53	3.58	3.62	3.67	3.72
12	3.76	3.81	3.86	3.91	3.96	4.00	4.05	4.10	4.15	4.20
13	4.25	4.30	4.35	4.40	4.45	4.50	4.55	4.60	4.65	4.70
14	4.75	4.81	4.86	4.91	4.96	5.01	5.07	5.12	5.17	5.22
15	5.28	5.33	5.38	5.44	5.49	5.55	5.60	5.65	5.71	5.76
16	5.82	5.87	5.93	5.98	6.04	6.10	6.15	6.21	6.26	6.32
17	6.38	6.44	6.49	6.55	6.61	6.66	6.72	6.78	6.84	6.90
18	6.95	7.01	7.07	7.13	7.19	7.25	7.31	7.37	7.43	7.49
19	7.55	7.61	7.67	7.73	7.79	7.85	7.91	7.97	8.03	8.10
20	8.16	8.22	8.28	8.34	8.41	8.47	8.53	8.59	8.66	8.72
21	8.78	8.85	8.91	8.98	9.04	9.10	9.17	9.23	9.29	9.36
22	9.42	9.49	9.55	9.62	9.68	9.75	9.82	9.88	9.95	10.01
23	10.08	10.15	10.21	10.28	10.35	10.41	10.48	10.55	10.62	10.68
24	10.75	10.82	10.89	10.95	11.02	11.09	11.16	11.23	11.30	11.37
25	11.44	11.50	11.57	11.64	11.71	11.78	11.85	11.92	11.99	12.06
26	12.13	12.21	12.28	12.35	12.42	12.49	12.56	12.63	12.70	12.78
27	12.85	12.92	12.99	13.07	13.14	13.21	13.28	13.36	13.43	13.50
28	13.58	13.65	13.72	13.80	13.87	13.94	14.02	14.09	14.17	14.24
29	14.32	14.39	14.47	14.54	14.62	14.69	14.77	14.84	14.92	14.99
30	15.07	15.15	15.22	15.30	15.38	15.45	15.53	15.61	15.67	15.76
31	15.84	15.92	15.99	16.07	16.15	16.23	16.30	16.38	16.46	16.54
32	16.62	16.70	16.78	16.85	16.93	17.01	17.09	17.17	17.25	17.33
33	17.41	17.49	17.57	17.65	17.63	17.81	17.89	17.97	18.05	18.13
34	18.22	18.30	18.38	18.46	18.54	18.62	18.70	18.79	18.87	18.95
35	19.03	19.11	19.20	19.28	19.36	19.45	19.53	19.61	19.69	19.78
36	19.86	19.95	20.05	20.11	20.20	20.28	20.36	20.45	20.53	20.62
37	20.70	20.79	20.87	20.96	21.04	21.13	21.21	21.30	21.38	21.46
38	21.56	21.64	21.73	21.81	21.90	21.99	22.07	22.16	22.25	22.23
39	22.42	22.51	22.59	22.58	22.77	22.86	22.95	23.03	23.12	23.21

Según la temperatura media obtenemos un índice de calor mensual, pudiendo calcular entonces la evapotranspiración sin ajustar (e) mediante la expresión indicada anteriormente:

Ejemplo:

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
tª	5.50	7.20	9.70	11.10	14.90	18.90	22.20	22.10	19.00	13.70	9.00	6.50
i	1.16	1.74	2.73	3.34	5.22	7.49	9.55	9.49	7.55	4.60	2.44	1.49
e	1.53	2.22	3.36	4.05	6.09	8.46	10.57	10.51	8.52	5.42	3.03	1.93

La obtención de la evapotranspiración ajustada o evapotranspiración potencial (ETP), se realiza multiplicando los valores de la evapotranspiración sin ajustar (e) por un coeficiente de corrección que tiene en cuenta la iluminación diaria y los días del mes.

Para una determinada latitud, los coeficientes de corrección de la evapotranspiración sin ajustar (e) en los diferentes meses del año, se indican en el cuadro siguiente:

Lat. N.	Ene.	Febr.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.02	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
10	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
15	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.95	0.97
20	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.94
25	0.93	0.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
26	0.92	0.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
27	0.92	0.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	0.99	0.90	0.90
28	0.91	0.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	0.98	0.90	0.90
29	0.91	0.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	0.98	0.90	0.89
30	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
31	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
32	0.89	0.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	0.98	0.88	0.87
33	0.88	0.86	1.03	1.09	1.19	1.20	1.22	1.15	1.03	0.97	0.88	0.86
34	0.88	0.85	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	0.97	0.87	0.86
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
36	0,87	0,85	1,03	1,10	1,21	1,22	1,24	1,16	1,03	0,97	0,86	0,84
37	0,86	0,84	1,03	1,10	1,22	1,23	1,25	1,17	1,03	0,97	0,85	0,83
38	0,85	0,84	1,03	1,10	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83
39	0,85	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,26	1,18	1,04	0,96	0,84	0,82
40	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
41	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,80
42	0,82	0,83	1,03	1,12	1,26	1,27	1,28	1,19	1,04	0,95	0,82	0,79
43	0,81	0,82	1,02	1,12	1,26	1,28	1,29	1,20	1,04	0,95	0,81	0,77
44	0,81	0,82	1,02	1,13	1,27	1,29	1,30	1,20	1,04	0,95	0,80	0,76
45	0,80	0,81	1,02	1,13	1,28	1,29	1,31	1,21	1,04	0,94	0,79	0,75
46	0,79	0,81	1,02	1,13	1,29	1,31	1,32	1,22	1,04	0,94	0,79	0,74
47	0,77	0,80	1,02	1,14	1,30	1,32	1,33	1,22	1,04	0,93	0,78	0,73
48	0,76	0,80	1,02	1,14	1,31	1,33	1,34	1,23	1,05	0,93	0,77	0,72
49	0,75	0,79	1,02	1,14	1,32	1,34	1,35	1,24	1,05	0,93	0,76	0,71
50	0,74	0,78	1,02	1,15	1,33	1,36	1,37	1,25	1,06	0,92	0,76	0,70

Ejemplo: Para una latitud de 42° 28' norte tenemos unos coeficientes de corrección de:

Lat. N.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
42	0,82	0,83	1,03	1,11	1,26	1,27	1,28	1,19	1,04	0,95	0,82	0,79

Luego la ETP será:

ETP = e * coeficiente de corrección

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
e	1,53	2,22	3,36	4,05	6,09	8,46	10,57	10,5	8,52	5,42	3,03	1,93
coef.c	*0,82	*0,83	*1,03	*1,11	*1,26	*1,27	*1,28	*1,19	*1,04	*0,95	*0,82	*0,79
ETP	1,25 cm	1,84 cm	3,46 cm	4,54 cm	7,67 cm	10,74 cm	13,53 cm	12,51 cm	8,86 cm	5,15 cm	2,48 cm	1,52 cm

La ETP calculada por este método es independiente del tipo de vegetación que ocupa el suelo, siendo, hasta cierto punto constante y no dependiendo mas que de elementos Climáticos.

Una vez calculada la ETP, se realiza un cuadro con el balance de agua del suelo.

La reserva del agua:

- en periodo seco: Ri = Ri-1 · e(P-ETP/emax)i
- en periodo húmedo: Ri= Ri-1 + P - ETP

5.2.1.3. Indice de falta y exceso de humedad

Una vez realizado este cuadro, se determinan los índices de falta (ID) y de exceso de humedad (IE), relacionando el déficit y el exceso, de humedad con la ETP anual y expresando los resultados en %.

Indice de falta de humedad anual:

I_D = Déficit de agua*100/ETP anual= D total*100/ETP anual

Indice de exceso de humedad:

I_E = Exceso de agua*100/ETP anual= E total*100/ETP anual

Indice de humedad de Thornthwaite se determina por la expresión:

I_h = Indice de exceso de humedad - 0.6 * Indice de falta de humedad anual= $I_E - 0.6\ I_D$

Por ejemplo, para un índice de exceso de humedad de 0 y un índice de deficit de humedad de 38,1 el valor del índice de humedad de Thorntwaite de:

$$Ih = IE - 0{,}6\ ID \Rightarrow Ih = 0 - 0{,}6 \cdot 38{,}1 = -22{,}86$$

Según el valor obtenido y observando el siguiente cuadro, podemos establecer los tipos Climáticos y siglas correspondientes al Indice de humedad:

Ih	Tipo Climático	Sigla
Ih ≥ 100	Húmedo	A
100 > Ih ≥ 80	"	B4
80 > Ih ≥ 60	"	B3
60 > Ih ≥ 40	"	B2
40 > Ih ≥ 20	"	B1
20 > Ih ≥ 0	Subhúmedo	C2
0 > Ih ≥ -20	Seco-subhúmedo	C1
-20 > Ih ≥ -40	Semiárido	D
Ih < -40	Arido	E

Para el ejemplo realizado el Clima es un Clima semiárido y sigla D.

5.2.1.4. Determinación de la eficacia térmica

Según Thornthwaite, la ETP es un índice de eficacia térmica. La suma de las ETP medias mensuales en cm sirve de Índice de la eficacia térmica anual de la zona estudiada.

Los tipos Climáticos según la eficacia térmica y las siglas que los representan se inCluyen en el cuadro siguiente:

ETP anual (cm)	Tipo Climático	Sigla
ETP ≥ 114	Megatérmico	A'
114 > ETP ≥ 99,7	Mesotérmico	B4'
99,7 > ETP ≥ 85,5	"	B3'
85,5 > ETP ≥ 71,2	"	B2'
71,2 > ETP ≥ 57	"	B1'
57 > ETP ≥ 42,7	Microtérmico	C2'
42,7 > ETP ≥ 28,5	"	C1'
28,5 > ETP ≥ 14,2	Tundra	D'
ETP < 14,2	Glacial	E'

Para el ejemplo realizado, con una ETP anual de 73,54 cm el Clima es Mesotérmico con sigla B_{2}: "Clima Mesotérmico con sigla B2'".

5.2.1.5. Determinación de la variación estacional de la humedad

Interesa determinar si en los Climas húmedos existe período seco y viceversa, si en los Climas secos existe período húmedo. También se debe establecer la estación en que se presentan estos períodos secos y humedos y la intensidad de la sequía y de la humedad, respectivamente.

Para el cálculo, se analizan el índice de húmedad y en concreto los valores del "Indice de falta de humedad (ID) en los Climas húmedos (A, B y C2), y los valores del Indice de exceso de humedad (IE) en los Climas secos (C, D y E).

La caracterización de los tipos Climáticos y de las siglas que los representan se indican en el cuadro siguiente:

a) Climas húmedos (A, B y C2)

ID	Tipos Climáticos	Sigla	
16,7 > ID ≥ 0	Nula o pequeña falta de humedad	r	
33,3 > ID ≥ 16,7	Moderada falta de humedad	En verano	s
"	"	En invierno	w
ID ≥ 33,3	Gran falta de humedad	En verano	s2
"	"	En invierno	w2

b) Climas secos (C1, D y E)

IE	Tipos Climáticos	Sigla	
10 > IE ≥ 0	Nulo o pequeño exceso de humedad	d	
20 > IE ≥ 10	Moderado exceso de humedad	En verano	s
"	"	En invierno	w
IE ≥ 20	Gran exceso de humedad	En verano	s2
"	"	En invierno	w2

Para el ejemplo, como según el Índice de humedad tenemos un Clima seco, semiárido con sigla D, tenemos que analizar el Índice de exceso de humedad (I_E).

El valor de I_E es igual a 0 por lo que sustituyendo en la tabla b, tenemos un tipo Climático con nulo exceso de humedad , y la sigla correspondiente a la variación estacional de la humedad es la d.

5.2.1.6. Determinación de la concentración térmica en verano

Está determinada por la ETP durante los meses de verano, en relación con la ETP anual y expresada en %.

Los tipos Climáticos y las siglas que los representan se establecen en el siguiente cuadro:

CV	Tipos Climáticos	Siglas
CV < 48	Baja concentración	a'
51,9 > CV ≥ 48	Moderada concentración	b4'
56,3 > CV ≥ 51,9	"	b3'
61,6 > CV ≥ 56,3	"	b2'
68,0 > CV ≥ 61,6	"	b1'
76,3 > CV ≥ 68	Alta concentración	c2'
88 > CV ≥ 76,3	"	c1'
CV ≥ 88	Muy alta concentración	d'

Para el ejemplo realizado, en los meses de verano la ETP ha sido:

ETP junio = 107,4 mm

ETP julio = 135,3 mm

ETP agosto = 125,1 mm

Y por tanto la ETP de verano es:

$$\text{ETP verano} = 107,4 + 135,3 + 125,1 = 367,8$$

ETP septiembre = 88,6 mm
ETP anual = 735,4 mm

Y la concentración térmica en verano será:

(367,8 x 100) / 735,4 = 50

Luego nos encontramos ante una moderada concentración térmica en verano y sigla b4'.

5.2.1.7. Conclusiones
El clima estudiado se representa con la siguiente fórmula climática según Thornthwaite:

DB2' db4'

Clima semiárido, segundo mesotérmico, con nulo exceso de humedad en invierno y moderada concentración de la eficacia térmica durante el verano.

6. Representaciones gráficas

6.1. Diagrama ombrotérmico

Representar sobre los ejes de ordenadas los valores de las precipitaciones (P) y las temperaturas (T) medias de las máximas, de las mínimas y de las medias, de manera que P= 2T y en abcisas los meses del año. La zona en que P es menor que 2T se corresponde con el período o los periodos secos.

6.2. Diagrama de intensidad de precipitación a lo largo del año

Representar mediante un diagrama de columnas o histograma, poniendo en abcisas los meses del año y en ordenadas la intensidad de precipitación mensual.

7. Conclusiones que se deducen de la aplicación de los distintos diagramas, de los índices climáticos y de la clasificación climática

BIBLIOGRAFÍA

EDAFOLOGÍA

Chapman N.D. y Pratt P.F. (1961). *Methods of Análisis for Plants and Water*. Trillas.

Day P.R. (1965). *PartiCle fractionation and PartiCle-vize análisis. Methods of soil Análisis. American Society of Agronomy*. Madison, Wisconsin.

Escuela Superior de Ingenieros Agronomos (1989). *Prácticas de Edafología*. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.

M.A.P.A. (1994). *Métodos oficiales de análisis de suelos y agua*. Madrid.

Peech M. (1965). *Hydrogen-ion activity. Methods of soil Análisis*. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.

Porta, J. (1986). *Técnicas y experimentos en edafología*. Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Cataluña. Barcelona

CLIMATOLOGÍA

Doorenbos J. (1978). *Estaciones agrometeorológicas*, Estudio FAO (Riego y Drenaje nº 27). FAO. Roma.

Elena Roselló R. (1997). *Clasificación BiogeoClimática de España Peninsular y Balear*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ins. Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid.

Elías Castillo F. Ruiz Beltrán L. (1977). *AgroClimatología de España*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (Cuaderno I.N.I.A. nº 7). Madrid.

Instituto Nacional de Meteorología (1995). *Guía resumida del Clima en España (1961-1990)*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Madrid.

Guardado R., Artigao A.(1990). *Clasificaciones AgroClimáticas*. Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad de Castilla- La Mancha.

Sánchez Rodríguez J. (1990). *Instrumentos meteorológicos*. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.



Servicio de Publicaciones
Biblioteca Universitaria
C/ Piscinas, s/n
26006 Logroño (La Rioja)
Teléfono: 941 299 187

http://publicaciones.unirioja.es
www.unirioja.es